12 55e jaargang

NATUUR '87 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

SUPERGELEIDERS/BEKROONDE ETHERS/FLEXIBELE RESPONS/CHAMPAGNE/
VAN VLAM TOT VUUR/VAN DOORGESLIKT TOT AFGEVOERD/BÉARNAISESAUS

WERELD ORIËNTATIE REIZEN

Een vertrouwde organisatie onder een nieuwe naam, met 20 jaar ervaring in exclusieve reizen naar vreemde volken, culturen en ongerepte natuur.

PROGRAMMA 1988

INDIA

6/2-27/2: Rondreis India per fiets en kameel. f 4 970,- (all-in), max. 16 deelnemers.

HIMALAYA

9/7-1/8: Himalaya rondreis f 4 870,- (all-in), max. 16 deelnemers.

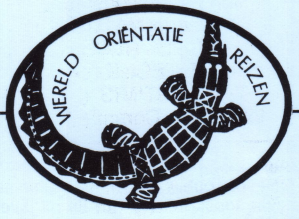
INDONESIË

14/7-11/8: Indonesië: Celebes en de Kleine Sunda Eilanden. f 5 500,- (all-in), max. 18 deelnemers.

MADAGASKAR

23/7-15/8: Madagaskar rondreis. f 5 850,- (all-in), max. 18 deelnemers.

Voor uitgebreide informatie: Wereld Oriëntatie Reizen, t.a.v. Dr. W. Krommenhoek, Dr. Letteplein 1, 3731 JR De Bilt.



NATUUR '87 & TECHNIEK

Losse nummers:
f 9,25 of 175 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

Wanneer een hap voedsel in de maag komt wordt hij gekneed en vermengd met maagsappen. De maagspieren trekken samen onder invloed van het hormoon gastrine. Afgebeeld is een cel uit de maagwand die receptoren voor gastrine bevat. Meer details over gastrine en de maagdarmmotoriek in het algemeen leest u op pag. 998-1009.
(Foto Lennart Nillson/©Boehringer Ingelheim BV)

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.
Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.
Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs W.G.M. Köhler, Drs T.J. Kortbeek.
Secretaris: R. van Eck.
Redactiesecretaresse: T. Habets-Olde Juninck.
Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelein, Drs C.F.M. de Roos, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.
Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, Dr P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluyser, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr H. van der Laan, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. Van de Walle, Prof dr F. Van Noten.
De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-van den Heuvel, J. Pohlen, M. Verreijt, E. Vijgen, M. Rapparini.
Druk.: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-1223*.
Redactie en administratie zijn te bereiken op:
Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044*.
Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

EURO ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

notu/vak

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van ISSN 0028-1093

Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

INHOUD

ACTUEEL/BEZIENSWAARDIG VI

AUTEURS X

HOOFDARTIKEL 967
Smullen

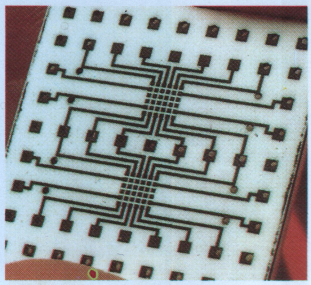
NOBELPRIJZEN 1987 968

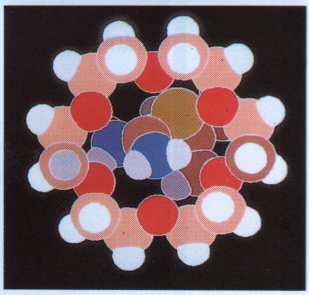
SUPERGELEIDERS 970
Nobelprijs natuurkunde
S. Rozendaal
In het septembernummer van ons blad is al uitgebreid ingegaan op de recente doorbraken op het gebied van de supergeleiding. Daarom richten we de aandacht nu op de personen Müller en Bednorz die het allemaal op gang brachten.

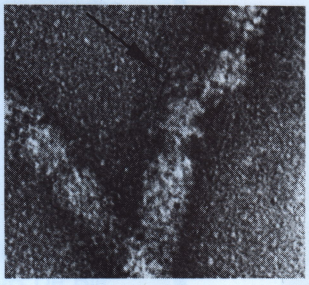
BEKROONDE ETHERS 974
Nobelprijs scheikunde
R.M. Kellogg en D.N. Reinhoudt
De Nobelprijs voor de Scheikunde gaat dit jaar naar de Amerikanen Pedersen en Cram en de Fransman Lehn. Pedersen maakte als eerste een groep organische verbindingen, de kroonethers. Deze bieden een scala aan mogelijkheden, zoals Cram en Lehn aantoonden.

FLEXIBELE RESPONS 980
Nobelprijs geneeskunde
L.A. Aarden
De Japanner Susumu Tonegawa, wiens wetenschappelijk werk dit jaar bekroond is, heeft de genetische basis van de antistofdiversiteit opgehelderd. Hij toonde aan dat herrangschikking van bepaalde genen tot een aangepast antwoord op iedere infectie leidt.

VAN VLAM TOT VUUR 986
W.J. Klijn
Het eerste van vier artikelen die een kerstsfeer ademen gaat over kaarsvlammen en wat er gebeurt als een kaarsvlam uit de hand loopt en brand ontstaat. Vroeger dacht men dat vuur een apart element was, naast water, lucht en aarde. Tegenwoordig is duidelijk dat vlammen een optelsom zijn van zeer gecompliceerde fysische en chemische processen, waaronder een groot aantal radicaalreacties. Verbrandingsprocessen kunnen ook alleen maar verlopen als aan zeer bepaalde voorwaarden is voldaan, de vijf brandfactoren.







NATUUR '87 & TECHNIEK

december/ 55e jaargang/1987

VAN DOORGESLIKT TOT AFGEVOERD 998

G.A. Charbon en C.J. van der Grond

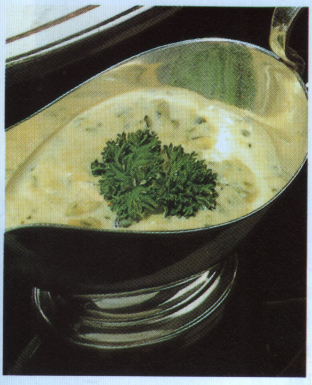
Dit tweede artikel in kerstsfeer wordt net als alle andere geopend met een foto van de kunstenaar Lars Bech. Het artikel behandelt de manier waarop onze spijsverteringsorganen maaltijden verwerken. Bijzondere nadruk wordt gelegd op de motoriek van het maagdarmkanaal, de bewegingen die in de maag en darmen zorgen voor het kneden van de gekauwde voedselbrok en het transport ervan. Deels worden deze bewegingen door hormonen gestimuleerd die op hun beurt vrijkomen als de wand van de maag opgerekt wordt en de spijsverteringssappen vloeien. Een artikel voor na het kerstdiner.

CHAMPAGNE 1010

Oenologische knallen

B. Duteurtre

'Goede wijn behoeft geen krans', zegt het spreekwoord, en dat geldt zeker voor champagne. In deze tijd van het jaar vloeit deze wijn traditioneel weer rijkelijk. De bereiding van champagne berust eveneens op tradities die door de wijnboeren in ere worden gehouden. Desondanks is ook champagne onderwerp van intensief wetenschappelijk onderzoek gericht op een betere beheersing van de gistingsprocessen, de reageerbuiscultuur van jonge wijnstokken en de ontwikkeling van minder eentonige produktiemethoden. Maar de wijn moet natuurlijk wel haar smaak behouden.



BEARNAISESAUS 1022

Culinaire colloïdchemie

N.C. de Jaeger

Sauzen als de béarnaisesaus bevatten naast de nodige kruiden vooral water, eieren en boter; in feite is de saus een emulsie van olie in water, gestabiliseerd door proteïnen uit de eierdooier. Het is een ingewikkeld colloïdchemisch systeem dat nogal gemakkelijk te verstoren is. Dat merkt iedereen die zich niet precies aan het recept houdt en daarvoor gestraft wordt met een schiftende saus. Dan wordt niet meer voldaan aan de fysisch-chemische voorwaarden die voor het in stand houden van de colloïde gelden en moet U ernstig overwegen of U de saus nog wel kunt serveren.

ANALYSE EN KATALYSE 1032
Een grand old man/AIDS in Afrika/De grijze kaste

VRAGEN/PRIJSVRAAG/FOTO VAN DE MAAND 1043

MEDEDELINGEN
AAN ONZE ABONNEES

DE NIEUWE JAARGANG

Met het nummer dat u volgende maand ontvangt, begint de 56e jaargang van NATUUR & TECHNIEK, die in het totaal weer 12 nummers zal omvatten. De prijs van een jaarabonnement bedraagt *f* 105,- of 2025 F, voor studenten en docenten *f* 80,- of 1550 F. In februari 1988 ontvangt u een voorgedrukt acceptgiro/overschrijvingsformulier waarmee u het abonnementsgeld kunt voldoen. Wij verzoeken u vriendelijk uitsluitend op deze manier te betalen. Abonnementen op NATUUR & TECHNIEK worden genoteerd tot schriftelijke opzegging. Verlenging vindt automatisch plaats, tenzij het abonnement uiterlijk op 15 december van het voorafgaande jaar is opgezegd.

De historische panden (midden en rechts) waarin Natuur & Techniek gevestigd is, liggen aan het plein 'Op de Thermen', boven de grondvesten van een Romeins badhuis, in het centrum van Maastricht.

HET BEWAREN WAARD

Voor het bewaren van volledige jaargangen van NATUUR & TECHNIEK zijn speciale cassettes verkrijgbaar. De prijs van deze in groen kunstleer met goudopdruk uitgevoerde cassette is *f* 15,- of 295 F (exclusief verzendkosten). Eveneens in februari 1988 ontvangt u een acceptgiro/overschrijvingsformulier, waarmee u één of meer cassettes kunt bestellen, voor de nieuwe jaargang en voor de jaargangen vanaf 1979. Voor oudere jaargangen zijn cassettes zonder jaartalopdruk verkrijgbaar. Binnen vier weken na ontvangst van uw storting zenden wij u de bestelde cassette(s).

JAARINDEX

Vanaf maart 1988 is de index 1987 verkrijgbaar. Deze wordt automatisch meegeleverd bij bestelling van de opbergcassette voor 1988, maar is ook los te bestellen tegen betaling van de verzendkosten.

HET PROFIEL VAN NATUUR & TECHNIEK

NATUUR & TECHNIEK wordt wel eens 'de Nederlandstalige Scientific American' genoemd. Wij werken nauw met Scientific American samen: onze zo succesvolle Wetenschappelijke Bibliotheek, een serie van tenminste 18 delen, is een bewerking van de Scientific American Library. In een klein taalgebied als het Nederlandse is het moeilijk omvangrijke boekprojecten van de grond te krijgen. Wij hebben dan ook veel contacten met gerenommeerde buitenlandse uitgevers, zodat wij onze lezers boeken van hoge kwaliteit tegen een zeer gunstige prijs kunnen aanbieden. Zo is BIOTECHNOLOGIE, EEN NIEUWE INDUSTRIËLE REVOLUTIE een coproduktie met Éditions Hologramme in Parijs, waarmee ook een Nederlandstalige bewerking van het boek BRAIN RESEARCH geproduceerd zal worden. Verder staan twee coproduktie met de National Geographic Society en de uitgever van het bekende Duitse tijdschrift GEO op stapel: THE INCREDIBLE MACHINE, over het menselijk lichaam, en het boek ARCHEOLOGY. Wij houden u op de hoogte!

NATUUR & TECHNIEK EEN BLAD VOOR U

Misschien leest u NATUUR & TECHNIEK al jaren; misschien heeft u er pas sinds kort kennis mee gemaakt. Het zal u in elk geval zijn opgevallen dat NATUUR & TECHNIEK zich door een geheel eigen aanpak onderscheidt van de Nederlandstalige populair-wetenschappelijke bladen. De auteurs van artikelen zijn onderzoekers die zelf over hun werk vertellen. De redactie zorgt, dat ondanks het 'pittige' niveau waarop de teksten veelal zijn geschreven, er toch een prettig leesbaar en begrijpelijk geheel ontstaat. Velen verzuchten dat het bijhouden van studie- en vakliteratuur al zoveel tijd kost. Toch zien zij het belang in van een brede informatie over hun eigen vakgebied én dat van anderen. Reden genoeg voor onze redactie en studio om een zo aantrekkelijk mogelijk blad te maken, dat de lezer op een prettige manier helpt 'bij te blijven'. Wij zijn ervan overtuigd dat u ook de komende jaargang van NATUUR & TECHNIEK met genoegen zult lezen.

Kwaliteitstest voor rozen

Soms komen rozeknoppen op de vaas niet uit, maar verdrogen. Met de zetmeeltoets van ir. Christy Berkholst van het Sprenger Instituut te Wageningen, kunnen bloemenveilingen ervoor zorgen, dat de consument dat binnenkort niet meer overkomt.

Jaarlijks komen uit de Nederlandse kassen zo'n 1500 miljoen rozen met een veilingwaarde van 490 miljoen gulden. Met een aandeel van 20% is de roos verreweg de belangrijkste snijbloem in ons land. De roos is niettemin nog steeds een produkt met een grote gevoelswaarde. Mevrouw Berkholst: "Je kunt iemand niet een boeket rozen in volle bloei geven en dan verwachten dat de ontvanger er nog weken lang plezier van heeft. Het genoegen van rozen is de bloemen vanuit de knop in een dag of vijf tot volle rijkdom te zien komen. Daarna is de grootbloemige rozen nog hooguit twee of drie dagen gegeven, voordat ze hun bloembladeren laten vallen". Het is dus aan rozen eigen om ze in een vroeg stadium van de knopontplooiing te kopen. Ook in de allerkleinste knop is de volledige bloem reeds aanwezig. Het enige wat er voor de bloei gebeuren moet, is dat alle cellen zich strekken en op spanning komen door water aan te zuigen tot wel zeven keer het oorspronkelijke knopgewicht. Daarvoor heeft de bloem veel energie nodig. Die energie wordt geput uit de suikers in de bloembladeren. Christy Berkholst en haar collega Natalia Gorin ontdekten enige tijd geleden, dat als er een tekort aan suikers is, de bloem overschakelt op een reserve krachtbron, namelijk de zetmeelkorrels in de kroonbladeren. Is er onvoldoende zetmeel in de knop, minder dan 10% van het droge gewicht van de bloembladeren, dan zal de bloem zijn activiteiten van ontplooiing niet tot een goed einde brengen. Het bosje rozen komt dan niet tot bloei. Dat is het geval bij erg jong gesneden rozen, waarvan de knoppen nog te weinig zetmeel bevatten. De keurmeesters op de veilingen kunnen zien wanneer de aangeboden partijen te jong, of wat ze noemen te rauw gesneden zijn. Ze accepteren die partijen niet.

Een beoordeling op het uiterlijk is echter gevaarlijk. Keurmeesters komen in de problemen met rozen die te vroeg gesneden zijn, maar op water nagerijpt. Uiterlijk lijken de bloemknoppen heel wat, maar ze bevatten te weinig zetmeel voor een goede uitbloei. Zelfs met op tijd gesneden rozen kan er iets mis zijn. Veel opgeslagen zetmeel verdwijnt als de bloemen voor aflevering aan de veiling te lang bewaard worden, vooral een te hoge temperatuur is dan funest. De geplukte bloemen hebben in die tijd moeten ademhalen en hebben daarvoor de suikers en een deel van het zetmeel opgebruikt. Hoe ervaren keurmeesters ook zijn, aan het uiterlijk kunnen ze niet zien of de knoppen wel voldoende zetmeelkorrels bevatten.

Tot dusver was de bepaling van het zetmeelgehalte in het laboratorium zeer bewerkelijk en tijdrovend en derhalve ongeschikt voor toepassing op de veiling. Christy Berkholst zag kans een zeer eenvoudige toets te ontwikkelen, die berust op het gegeven dat zetmeelkorrels in jodium donkerblauw kleuren. Eén kroonblaadje van de roos geeft in de testvloeistof binnen enkele minuten een kleuring die met behulp van een vergelijkingsschaal nauwkeurig het zetmeelgehalte aantoont. Daarmee krijgen de veilingen een zeer objectieve toetsmethode in handen, die met reeds bestaande maatregelen ervoor kan zorgen, dat alleen rozen van uitstekende kwaliteit op weg gaan naar de consument.

(Nieuws uit Wageningen)

Artis 150 jaar

De Stichting tot instandhouding van de diergaarde van het Koninklijk Zoölogisch Genootschap Natura Artis Magistra, (de Natuur is de Leermeesteres van de Kunst) werd op 1 mei 1838 in Amsterdam opgericht en is daarmee de oudste dierentuin van Nederland.

De boekhandelaar G.F. Westerman was één van de oprichters en tevens tot 1890 directeur van het Genootschap, zoals Artis toen nog werd genoemd. Regelmatig ontving Artis levende en opgezette dieren als geschenk.

In beginsel was Artis een besloten sociëteit die alleen toegankelijk was voor de leden en hun introducées. 'Werklieden en dienstboden' mochten tegen betaling van 25 cent gedurende enkele weken in september Artis bezoeken. Later rond de eeuwwisseling werd

In het jubileumjaar 1988 probeert Artis fondsen te werven om onder meer een nieuw onderkomen voor de mensapen te bouwen. Deze gorilla krijgt dan nieuwe leefruimte (foto Artis).

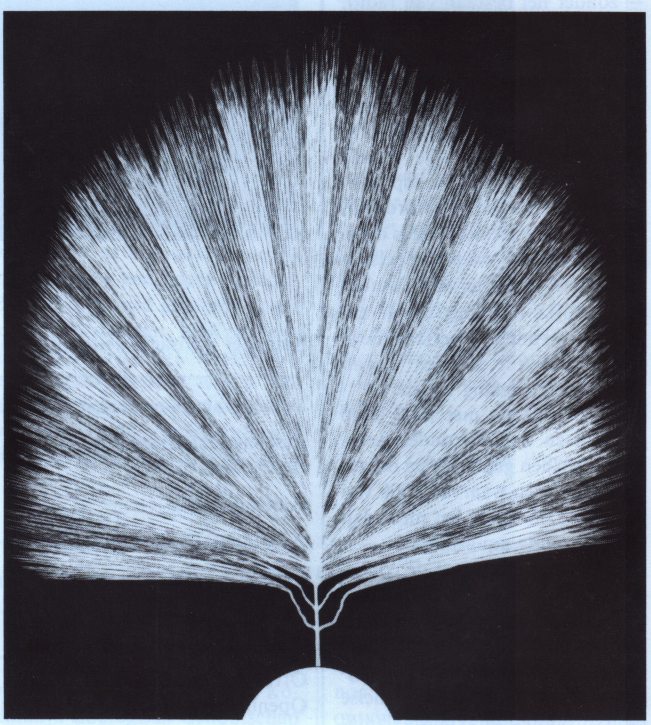
Artis voor het publiek opengesteld, maar nog steeds wordt de traditie gehandhaafd dat het publiek gedurende de maand september en op Hemelvaartsdag tegen sterk gereduceerd tarief de dierentuin kan bezoeken.
Eén van de doelstellingen van Artis is 'de kennis der natuurlijke historie op aanschouwelijke wijze te verbreiden'. In de 19e eeuw was dit heel uniek, er wordt namelijk wel eens vergeten dat iedere diersoort die men toen toonde – zonder het bestaan van radio, televisie en modern openbaar vervoer – vreemd en nieuw was.
Toen Artis eenmaal voor het publiek werd opengesteld, was het dan ook een totaal nieuwe vorm van volksvermaak. 'De kennis der natuurlijke historie op aanschouwelijke wijze te verbreiden' is nu, na 150 jaar nog steeds actueel, hoewel de tweede doelstelling: 'Artis als culturele en wetenschappelijke instelling zal de natuurbescherming in het algemeen daadwerkelijk steunen' van steeds groter belang wordt.
De Artiscollectie met haar 1200 diersoorten kan bijzonder gevarieerd worden genoemd en omvat ± 6000 dieren waarvan 2000 vissen. Deze bevolken het meer dan 100 jaar oude aquarium.
Naast de vissen bestaat de collectie onder meer uit enkele mooie fokgroepen van in dierentuinen zeldzame of met uitsterven bedreigde diersoorten: orangoetans, Siberische tijgers, Maleise tapirs, bonte- en ringstaartmaki's, wisenten, monniks- en lammergieren, algazellen en witstaartgnoes of wildebeesten – Afrikaanse antilopesoorten – gevlekte hyena's en gewone zeehonden. Bij de vogels is de fok van zwartvoetpinguïns wereldberoemd. Educatie speelt een belangrijke rol in de activiteiten van

Kalender Artisactiviteiten voor het jubileumjaar 1988

Veiling van dierobjecten	februari
Bloemententoonstelling 'Artis staat in bloei'	3 maart – 13 maart
Felicitatie-actie	21 maart – 2 juni
Introductie Artis zomerpostzegel	22 maart
Expositie van insektenetende planten	voorjaar
Filatelie tentoonstelling 'Flora, Fauna en Ruimtevaart'	8 april – 17 april
Officiële verjaardagsviering en Opening Zeiss Planetarium Artis	2 mei
Tentoonstelling 'Dieren kijken, kijk op dieren'	mei – december
Poppentheaters	juli/augustus
Loterij	3 augustus – 4 oktober
Internationale cartoontentoonstelling	1 september – eind oktober
Beeldententoonstelling	medio sept. – eind nov.
Teddyberenfestival	oktober

Artis. Niet alleen wordt geprobeerd dagjesmensen voorlichting te geven op het gebied van de levende natuur, ook krijgen leerlingen van vele scholen in en om Amsterdam biologie-onderwijs in Artis. De tuin wordt jaarlijks door ruim een miljoen mensen bezocht. Het terrein waarop Artis zich bevindt is stukje bij beetje aangekocht. Vanaf 1838 heeft men er door een groot aantal grondaankopen meer dan 40 jaar over gedaan om te komen tot de bestaande oppervlakte. Volgend jaar, in 1988, als Artis 150 jaar bestaat, hoopt de directie de tuin tot aan de Plantage Doklaan opnieuw met vier hectare uit te breiden, waarmee de totale oppervlakte van Artis dan ongeveer veertien hectare omvat.
Ook dit terrein zal in verschillende fasen worden bebouwd, in een tijdsbestek van minimaal 10 jaar. In Artis wordt momenteel een Planetarium gebouwd dat een hele nieuwe educatieve dimensie aan de dierentuin zal geven: alles wat groeit en bloeit op de planeet aarde is opgebouwd uit ingrediënten, die lang geleden in het binnenste van sterren werden gevormd.
De opening van het Zeiss Planetarium Artis op 2 mei zal tevens de officiële viering van het jubileumjaar zijn.
In het overzicht zijn de jubileumactiviteiten kort weergegeven. Nadere inlichtingen via
☎ 020-231836.

Martinus van Marum



Gravure van een pluimontlading van de 'ongemeen groote electrizeermachine'.'

Anderhalve eeuw geleden, Tweede Kerstdag 1837 om precies te zijn, overleed te Haarlem Martinus van Marum. Met naam en faam was hij in heel Europa bekend en beroemd. Thans is hij nagenoeg vergeten. Op hem was het predikaat van universeel geleerde nog van toepassing, een soort dat met zijn dood ophield te bestaan. De specialistische beoefenaar kwam ervoor in de plaats.

In bijna elke wetenschappelijke discipline verdiepte hij zich: elektriciteitsleer, scheikunde, de leer der mineralen en fossielen, dierkunde en plantkunde. Van Marum ontwikkelde zijn activiteiten in een tijd die niet alleen politiek onrustig was. In het kielzog van Newtons mechanica kreeg het merendeel van de natuurwetenschappen een basis als moderne wetenschap. Van Marum was veel meer dan louter getuige van deze omwenteling. Hij maakte haar grotendeels zelf mee.
Van Marum werd in 1750 te Delft geboren. Daar kreeg hij ook op de Latijnse school zijn eerste onderwijs. Op zijn veertiende schreef hij zich in aan de Groningse universiteit. Nadat hij in twee faculteiten – geneeskunde en natuurwetenschappen – zijn graden behaald had, vestigde hij zich in 1776 als arts te Haarlem. Maar al spoedig kon hij zijn medische praktijk vaarwel zeggen, want de Hollandse Maatschappij der Wetenschappen benoemde hem tot directeur van haar Naturaliën Kabinet. De Maatschappij, die in 1752 was opgericht, functioneerde in die dagen als de nationale academie. Toen Van Marum er in 1794 de machtige positie van secretaris verwierf, beheerste hij het wetenschappelijke klimaat van ons land. Maar het was nog lang niet alles. Na de voltooiing van Teylers Museum in 1784 werd Van Marum als eerste directeur aangesteld. Met de verzame-

lingen die hij aldaar zou aanleggen zou hij zich een blijvend monument scheppen. Na de eeuwwisseling speelde hij een belangrijke rol in de oprichting van het Koninklijk Instituut, tegenwoordig beter bekend als de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Van Marums wetenschappelijke prestaties waren veelzijdig, we merkten het reeds op. Hij ontwierp de grootste wrijvingselektriseermachine die ooit ter wereld is gebouwd (nog steeds in Teylers Museum te zien), hij introduceerde de nieuwe scheikunde van Lavoisier in Nederland en hij volgde daadwerkelijk de laatste ontwikkelingen in de mineralogie en paleontologie. Hij was de eerste die er in slaagde een gas (ammoniak) onder druk tot een vloeistof te verdichten. Vóór alles zocht Van Marum naar praktische toepassingen van de natuurwetenschappen 'ten algemeen nutte van zyne medeburgeren'. Hij beijverde zich in de drenkelingenzorg (toedienen van zuurstof), verbeterde een hogedrukpan (Papiniaanse pot) om goedkope, voedzame maaltijden voor de armen te bereiden, ontwierp een nieuwe bliksemafleider, ontwikkelde een draagbare brandspuit, benadrukte de noodzaak van luchtventilatie in bevolkte ruimten en vervaardigde een dampbad voor choleralijders. In zijn buiten 'Plantlust' aan het Spaarne te Haarlem vond hij een liefhebberij in het kweken van vetplanten.

Het 150ste sterfjaar van zijn eerste directeur vond Teylers Museum aanleiding om Martinus van Marum met een grote overzichtstentoonstelling te eren: zoveel mogelijk aspecten van zijn leven en werk komen daarbij aan de orde. De geëxposeerde voorwerpen zullen voor een groot deel de bezoekers onbekend zijn. Slechts een paar voorbeelden volstaan hier. Zo zal een uiterst nauwkeurige maquette van de Mont Blanc uit 1787 de fameuze expeditie naar de top in herinnering brengen. H.B. de Saussure ondernam deze stoutmoedige tocht in hetzelfde jaar. Bijzondere bruiklenen zijn door verschillende instituten uit binnen- en buitenland toegezegd. Uit Parijs zijn instrumenten van Lavoisier te zien (o.a. diens gazometer waarmee hij als eerste synthetisch water vervaardigde); de befaamde opgezette Blauwbok die rond 1800 uitstierf uit het voormalige Naturaliën Kabinet der Hollandse Maatschappij zal er zijn en als letterlijke klap op de vuurpijl zal een kopie van de 'ongemeen grote electrizeermachine' op geregelde tijden worden gedemonstreerd. Teylers Museum organiseert deze tentoonstelling in samenwerking met het Frans Halsmuseum, dat zijn dependance de Vleeshal ter beschikking stelde.

De Vleeshal staat op de Grote Markt 18 in Haarlem en is van maandag tot en met zaterdag open van 11 tot 17 uur. Op zon- en feestdagen van 13 tot 17 uur. Op 25 december en 1 januari is het museum gesloten. De tentoonstelling blijft tot 28 februari.

NOS kleurenpalet

Tot en met 29 mei 1988 is in het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC in Delft een boeiende tentoonstelling te zien over het kleursysteem, dat door de Nederlandse Omroep Stichting (NOS) is ontwikkeld om verf te mengen voor het schilderen van televisiedecors. De tentoonstelling is getiteld 'Het NOS Kleurenpalet' en is vervaardigd door de NOS-medewerker Herman Meijer, die het kleursysteem heeft ontwikkeld. De essentie van het NOS kleurentelevisie-kleursysteem is dat door het mengen van slechts vijf basisverven meer dan 1700 kleurtinten kunnen worden verkregen. De gebruikte basisverven zijn volledig gifvrij en voldoen aan de strengste kleurkundige eisen.

Een belangrijke voorwaarde bij het maken van televisiedecors is dat de gebruikte kleuren op een zwart-wit toestel zichtbaar zijn in grijstonen, die duidelijk van elkaar verschillen. Als men niet aan die voorwaarde voldoet kunnen bepaalde gekleurde details verloren gaan. Men noemt dit verschijnsel het Biesiot-effect. Door het gebruik van het kleursysteem kan men bij de NOS dit nadelige effect voorkomen.

Aan het begin van de tentoonstelling bevinden zich enkele educatieve opstellingen waarmee elementaire begrippen duidelijk worden gemaakt. De bezoeker kan zelf allerlei kleurfenomenen bekijken, zoals het mengen van gekleurd licht en de werking van het prisma. Tevens wordt ruime aandacht besteed aan de problemen die het mengen van verf op basis van de drie primaire kleuren magentarood, citroengeel en cyaanblauw met zich meebrengt. Het zal dan duidelijk worden welke kleuren verf men moet kiezen en hoe de kleurencirkel voor het mengen moet worden gebruikt. Alle stappen die zijn gemaakt tijdens de ontwikkeling van het NOS-kleursysteem kan de bezoeker meemaken. Met een echte televisiecamera kan men zelf het Biesiot-effect op een zwart-wit toestel waarnemen.

Het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC is dagelijks geopend van 10-17 uur en op zondag van 13-17 uur. Het is gesloten op erkende feestdagen. Adres: Kanaalweg 4 Delft. De toegang is gratis. Bij groepsbezoek aan de tentoonstellingen in het TTC wordt verzocht vóóraf met het TTC contact op te nemen (tel. 015-783038). Voor begeleiding kan desgewenst zorg worden gedragen. Voorts kunnen op verzoek enige films worden vertoond.

Ir S. Rozendaal ('Nobelprijs natuurkunde') werd op 8 september 1951 in Schiedam geboren. Hij studeerde organische chemie in Delft. Vanaf 1975 werkt hij als wetenschapsjournalist, eerst bij de Stichting Biowetenschappen en Maatschappij, van 1977 tot 1986 bij NRC Handelsblad en sinds een jaar bij Elsevier. Daarnaast verzorgt hij voor Natuur & Techniek de rubriek Analyse en Katalyse.

Prof dr R.M. Kellogg ('Nobelprijs scheikunde') is op 24 december 1939 in Los Angeles geboren. Hij studeerde organische chemie aan de University of Kansas, waar hij in 1965 promoveerde. Sinds 1975 is hij hoogleraar bio-organische chemie aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Prof dr ir D.N. Reinhoudt ('Nobelprijs scheikunde') is geboren in Wolfaartsdijk op 18 september 1942. Hij studeerde chemische technologie in Delft en promoveerde daar in 1969. Daarna werkte hij bij Shell. Tegenwoordig is hij hoogleraar organische chemie aan de Universiteit Twente.

Dr L.A. Aarden ('Nobelprijs geneeskunde') is op 13 november 1944 geboren in Dordrecht. Hij studeerde biochemie aan de Universiteit van Amsterdam. Na zijn promotie werkte hij gedurende twee jaar aan het Basel Institute for Immunology. Sinds 1979 is hij verbonden aan het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst in Amsterdam.

Drs W.J. Klijn ('Vlam') is op 6 maart 1951 geboren. Hij studeerde scheikunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht en werkte er vervolgens bij de interfacultaire werkgroep Milieukunde en het Centraal Instituut voor Voedingsmiddelenonderzoek TNO. Na een opleiding aan de Rijksbrandweeracademie werkt hij bij de Directie Brandweer van het Ministerie van Binnenlandse Zaken.

Prof dr G.A. Charbon ('Tussen doorgeslikt...') is op 21 september 1924 in Arnhem geboren. Hij studeerde geneeskunde in Utrecht, waar hij in 1960 promoveerde op een onderzoek naar het ontstaan van de maagzweer. Van 1972 tot 1987 was hij hoofd van het Experimenteel Laboratorium voor Perifere Circulatie in Utrecht; sinds 1973 als hoogleraar.

C.J. van der Grond ('... en afgevoerd') is op 22 maart 1930 in Utrecht geboren. In 1954 trad hij in dienst van het Onderwijs Media Instituut van de Rijksuniversiteit Utrecht, waar hij zich onder andere bezighoudt met het maken van medische films en tekenfilms. Van 1967 tot 1975 was hij docent aan de Nederlandse Filmacademie.

Dr ir B. Duteurtre ('Champagne') is op 15 oktober 1942 in Montevillers (F) geboren. Hij studeerde biochemie aan de Universiteit van Nantes, waar hij promoveerde op een proefschrift over het prolinemetabolisme in biergist. Van 1970 tot 1980 werkte hij bij bierbrouwer Kronenbourg; sindsdien bij champagneproducent Moët et Chandon.

Ir N.C. De Jaeger ('Sauzen') is geboren in Gent op 30 juni 1942. Hij studeerde chemie aan het Rijks Hoger Technisch Instituut voor de Kernenergiebedrijven in Brussel. Momenteel werkt hij op de afdeling anorganische chemie, colloïdchemie en poedertechnologie van Agfa-Gevaert in Mortsel en doceert hij fotografische scheikunde aan het Hoger Instituut voor Beeldende Kunsten in Brussel.

Drs L. Bech. De foto's op de openingspagina's van de artikelen over vlammen, het maagdarmkanaal, champagne en de béarnaisesaus zijn gemaakt door Lars Bech. Met het doel uitsluitend beelden van artistieke kwaliteit vast te leggen werkt deze kunstenaar op zeer natuurwetenschappelijke wijze. Zijn instrumenten zijn microscoop en camera. Zijn grondstoffen zijn afkomstig uit de farmacie en de chemie. Hij mengt, smelt of dampt in en laat kristalliseren, waarna het resultaat onder de microscoop wordt bestudeerd. Met gebruik van polarisatiefilters levert dit de prachtigste foto's die soms suggereren dat in de microwereld beelden besloten liggen die de werkelijkheid idealiseren.

Lars Bechs werk is de afgelopen tien jaar tentoongesteld geweest in diverse galleries. De expositie in de Amsterdamse Canon Gallery in 1985 geeft aan hoezeer zijn werk artistiek wordt gewaardeerd. Verschillende farmaceutische en chemische bedrijven gebruiken zijn foto's als illustratiemateriaal.
Lars Bech is op 10 juli 1929 in Wolfheze geboren. Na een theologiestudie aan de Amsterdamse Vrije Universiteit was hij gereformeerd predikant op verschillende standplaatsen, waaronder vijf jaar in Suriname. Tegenwoordig is hij baanloos, tot december vorig jaar werkte hij als hoofd van de dienst geestelijke verzorging in het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam.

Smullen

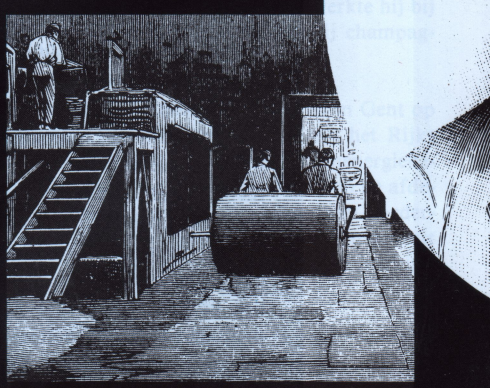
Hoewel daar weinig feitelijke grond voor is, zal men in het algemeen wetenschap eerder verbinden met een zekere ascese dan met epicurisme. In navolging wellicht van de middeleeuwse monnik wordt dan de wetenschapper geacht een enigszins onthecht bestaan te leiden, waarin bruin brood en boerenkaas, wat achteloos weggewerkt terwijl de gedachten van de consument bij boek of proef verkeren, eerder een plaats hebben dan bisque de homard en Chablis. Wanneer de chemicus Dingeldam in W.F. Hermans' *Onder professoren* zijn Nobelprijs viert, dan gebeurt dat met tot flinters gefileerde gerookte paling en koffie – een combinatie die in de gastronoom vermoedelijk het parasympathische zenuwstelsel zo zal prikkelen dat er een ontregeling van de peristaltische golf ontstaat, zodat er achalasie optreedt. Voor wie dit niet geheel kan volgen lijkt een verwijzing naar het artikel van Charbon en Van der Grond op zijn plaats (pag. 998), waarin uit de doeken wordt gedaan hoe het kerstkalkoen en oliebol vergaat nadat ze zijn doorgeslikt.

Feest dus, in dit nummer. En zonder het waarschuwende vingertje dat we van de rechtgeaarde wetenschapper verwachten wanneer er over eten en drinken wordt gepraat. Niet het syndroom van Korsakow staat centraal, maar alle zorg, kunde en kennis die nodig is om een wijn te bereiden die voor de meesten onzer toch te duur is om er blijvende geheugenstoornissen van te krijgen: champagne. Het artikel van Duteurtre op pag. 1010 leert ons, dat er wel veel wetenschappelijke kennis is over wijn, maar dat het nog maar beperkt mogelijk is werkelijk technologisch, dus in een geheel op wetenschappelijke kennis gefundeerd proces, een goede wijn te maken. En dan hebben we het nog niet eens over het raadsel dat twee met hetzelfde druivenras beplante, naast elkaar gelegen wijngaarden, waarvan het produkt op dezelfde manier wordt verwerkt, toch een duidelijk verschillende wijn opleveren. Het gaat alleen over de verwerking van de druiven tot de bubbeltjeswijn die al honderden jaren synoniem is met wat extravagante feestelijkheid. En dan blijkt dat zelfs een simpele, routineuze handeling als het draaien van flessen niet door een machine kan worden overgenomen zonder nadeel voor de wijn.

En ook De Jaeger komt er in zijn artikel over de colloïdchemie van béarnaisesaus tot de slotsom dat industrieel bereide sauzen weliswaar technisch beter kunnen worden genoemd (ze zijn jaren te bewaren), maar dat het getob met een garde in de eigen keuken behalve een kans op mislukken ook een lekkerder eindprodukt kan opleveren.

Of zulke beoordelingen helemaal los kunnen worden gezien van de trots iets zelf te hebben gemaakt, de atmosfeer van persoonlijke waardering en van de op zich al feestelijke voorbereidingen op een feestelijke gebeurtenis, dat staat nog te bezien. Maar wat doet dat ertoe? Eten doe je niet alleen met je mond. De hele sfeer eromheen is van groot belang. Koken doe je niet alleen met een pan en een gasvlam. Wat er buiten de ingrediënten nog in het voedsel wordt gestopt 'proef' je ook. Niemand is verplicht van een kerstdiner een blindproeverij te maken.

Bij zijn dood in 1896 liet Alfred Nobel, de uitvinder van dynamiet, een kapitaal na van circa 33 miljoen Zweedse kronen. In zijn testament bepaalde hij dat dit bedrag goed belegd moest worden en dat de jaarlijkse rente zou moeten worden verdeeld onder hen 'die in het afgelopen jaar de grootste bijdragen hebben geleverd aan de vooruitgang van de mensheid op het gebied van de chemie, natuurkunde, geneeskunde, literatuur en vrede.' In 1901 werden de Nobelprijzen voor het eerst toegekend. De eerste Nobelprijs natuurkunde was voor Wilhelm Conrad Röntgen, Jacobus Henricus van 't Hoff werd voor zijn scheikundig werk beloond, terwijl Emil Adolf von Behring als eerste de geneeskundeprijs ontving. Zesentachtig jaar later is opnieuw een aantal onderzoekers voor hun werk bekroond. Wie het zijn en waarom hen deze eer te beurt valt wordt in de volgende drie artikelen uit de doeken gedaan.

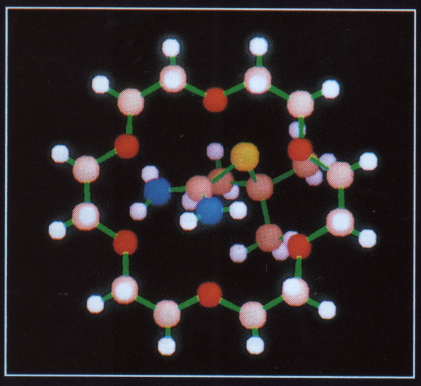


Het IBM-duo Müller en Bednorz voor natuurkundig onderzoek; Pedersen, Cram en Lehn voor chemisch werk en Tonegawa voor geneeskundige experimenten. Dat zijn de zes natuurwetenschappelijke Nobelprijswinnaars voor 1987. Hiernaast drie impressies van het werk waarvoor ze de prijzen kregen.

NATUURKUNDE

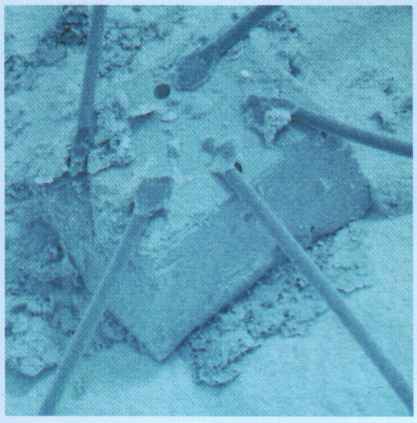
NOBEL PRIJZEN '87

Alfred Nobel verdiende zijn kapitaal met de produktie van springstoffen. Linksboven het portret van Nobel een gravure die het laboratorium toont omstreeks 1880. Daaronder de werkplaats waar kiezelgoor en nitroglycerine werden gemengd in het proces dat uiteindelijk de springstof levert.

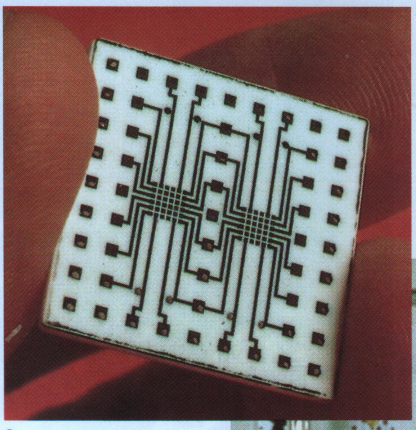


SCHEIKUNDE

GENEESKUNDE



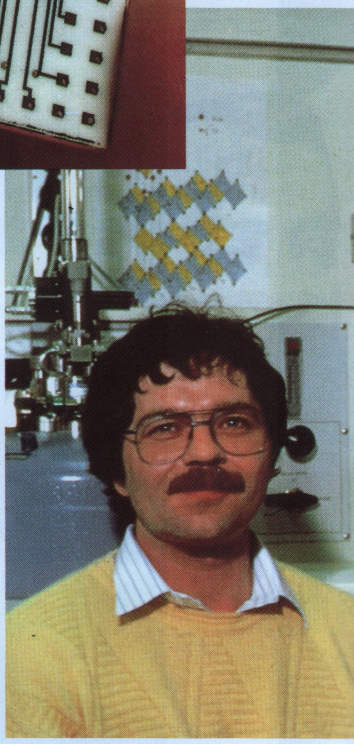
1



2

SUPER-GELEIDING

De IBM-fysici Müller en Bednorz kregen de Nobelprijs voor de Natuurkunde voor hun ontdekking van supergeleiding bij 35 K. Deze prijs valt hen te deel net een jaar na de publikatie van hun resultaat. Dat betekent een zeer snelle beloning. De wereld van de natuurkundigen staat echter op zijn kop door de ontwikkelingen rond de supergeleidende materialen.
Natuur en Techniek had al in het septembernummer een artikel over de nieuwe supergeleiders. Wetenschappelijk gezien hebben we daar momenteel nog niets aan toe te voegen. De theoretici zijn het nog niet eens over de uitleg van de verschijnselen. Daarom hier een artikel van Natuur en Techniek medewerker ir Simon Rozendaal, die als Elsevierredacteur een ontmoeting met Müller had, de week na de toekenning van de Nobelprijs.



3

S. Rozendaal
Rotterdam

1. Een elektronenmicroscopische opname van een kristalletje supergeleidend yttrium-barium-koperoxyde. De contactdraadjes van een paar duizendste millimeter dik zijn bevestigd om de elektrische geleidbaarheid en andere eigenschappen te kunnen meten.

2. Een dun laagje supergeleidend materiaal op een stukje keramisch materiaal bevestigd met normale ets- en opdamptechnieken die bij

NOBELPRIJS NATUURKUNDE 1987

de chipsproduktie gebruikelijk zijn, laat zien dat er in ijltempo gewerkt wordt aan toepassingen van de verbindingen waarvan de bijzondere supergeleidende eigenschappen pas anderhalf jaar geleden ontdekt zijn. Dit probeersel komt uit een Amerikaans IBM-laboratorium.

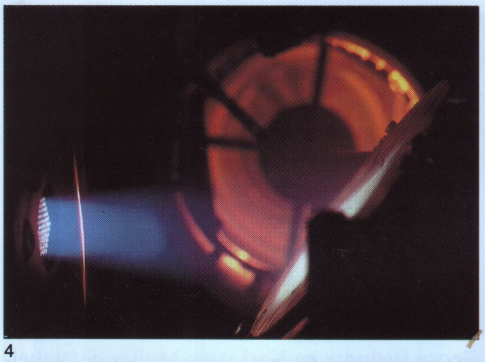
3. Alex Müller (rechts) en Georg Bednorz voor een experimenteeropstelling in het IBM-laboratorium in het Zwitserse Rüschlikon.

De taxichauffeur voor het station in Zürich weet er van. "Ah, u wilt naar het beroemde laboratorium" is zijn reactie bij de naam Rüschlikon. Het unieke feit dat de Nobelprijs voor de Natuurkunde voor het tweede achtereenvolgende jaar in hetzelfde laboratorium terecht is gekomen, is weinig Zwitsers ontsnapt.

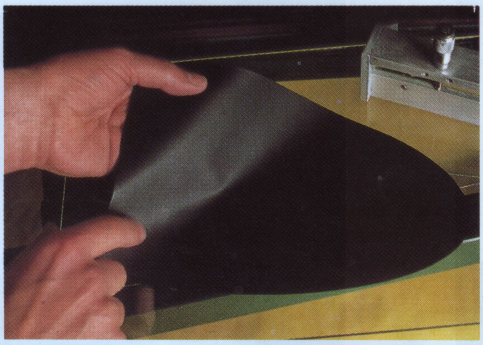
Rüschlikon is een lief dorpje, een half uurtje rijden van Zürich. Het ligt enkele tientallen meters boven het meer van Zürich. De kalender wijst eind oktober aan, minder dan een week nadat bekend is geworden dat Johannes Georg Bednorz en Karl Alex Müller de Nobelprijs voor de Natuurkunde van dit jaar delen. Het IBM-laboratorium waar de Duitse en de Zwitserse veroorzakers van de supergeleidingsopwinding werken oogt mooi. Een lang gebouw, half verscholen achter bomen in een veelkleurige herfsttooi. Het is goed werken hier, dat zie je al aan de buitenkant.

Dat moet ook wel, want zelfs het laboratorium dat door elke fysicus als beste in de wereld wordt genoemd, Bell Labs in Amerika, kan niet bogen op de aanwezigheid van vier Nobelprijswinnaars binnen de muren. Gerd Binning en Heinrich Rohrer kregen vorig jaar samen met Ernst Ruska de prijs voor hun uitvinding van de scanning tunneling microscoop, een apparaat dat volgens een heel nieuw principe werkt (zie Natuur en Techniek van juli 1986) en waarmee men zelfs atomen kan waarnemen. Zowel Binning als Rohrer werken in Rüschlikon. De derde laureaat kom ik in de gang tegen als hij met een groepje mensen de kantine uitkomt. Georg Bednorz, een wat gezette vriendelijke Duitser van halverwege in de dertig, neemt geroutineerd de felicitatie met de meest prestigieuze onderscheiding voor elke wetenschapsbeoefenaar in ontvangst. Hij loopt er slordig bij, in ribfluwelen broek en openstaand hemd, echt een tenue om de mouwen op te stropen. Daar is Bednorz inmiddels wel weer aan toe want sinds de ontdekking, vorig jaar, van supergeleiding in een keramisch materiaal dat bestond uit barium-, lanthaan-, koper- en zuurstofatomen heeft hij minder tijd op het lab doorgebracht dan hem lief was. Hij heeft sindsdien zo'n veertig lezingen gegeven en heeft besloten dat het nu welletjes is. Van het duo Bednorz-Müller is de Duitser de begaafde experimentator.

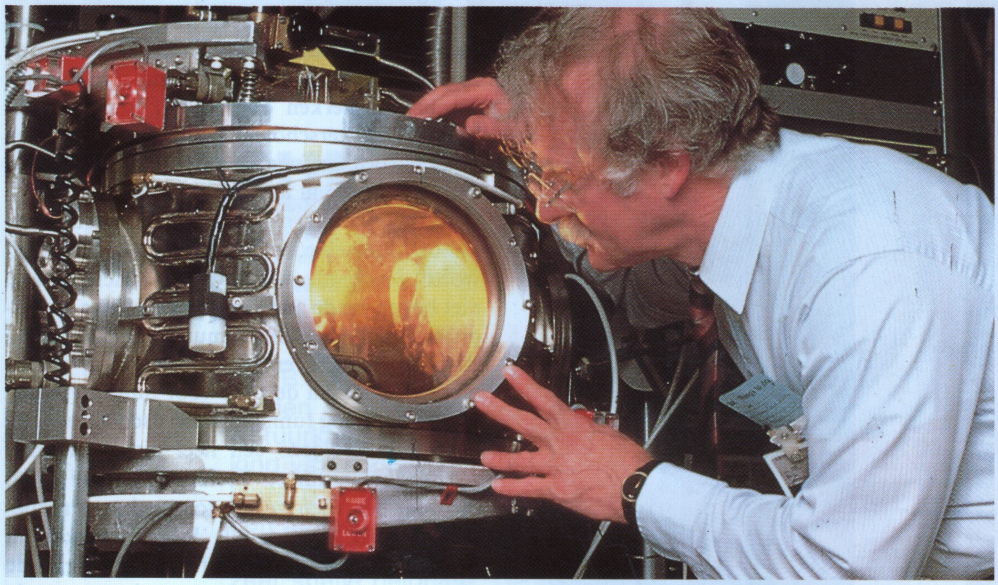
De vierde Nobelprijswinnaar, Karl Alex Müller (met wie ik in Elsevier van 31 oktober



4



5



6

een interview had) legt uit dat één van de geheimen van het succes van het laboratorium in Rüschlikon de betrekkelijk grote vrijheid is die de onderzoekers krijgen van het Amerikaanse centrale laboratorium van IBM.

Over die vrijheid (zie ook Natuur en Techniek van november) van Müller en Bednorz bestaan soms misverstanden. Zo heeft Müller zich zeer geërgerd aan een artikel in het veelgelezen Amerikaanse dagblad de Wall Street Journal. Daarin werd gesteld dat de twee onderzoekers hun werk aan supergeleiding niet alleen voor de buitenwereld geheim hielden maar ook voor hun collega's op het lab in Rüschlikon en voor het IBM-management. Weliswaar had Müller het recht om te doen waar hij zin in had, omdat hij IBM-fellow is, een speciale positie bij dit computerconcern waardoor gerenommeerde wetenschapsmensen hun handen helemaal vrij hebben. Maar dat gold niet voor zijn jonge Duitse medewerker. Volgens de Wall Street Journal spendeerde Bednorz zo'n dertig procent van zijn tijd aan het werk voor Müller, aan supergeleiding. Vanwege de geheimhouding mocht Bednorz hierover niets aan zijn baas zeggen en dat zat de Duitser niet lekker. Als een soort compromis zou uiteindelijk Müller naar de baas van Bednorz, de Belgische fysicus Eric Courtens, zijn toegestapt en hem hebben verteld dat Bednorz iets voor hem deed. In vage bewoordingen echter, zonder het woord supergeleiding te noemen. Nog steeds allemaal volgens de New Yorkse krant, die ook suggereerde dat IBM,

4, 5, 6 en 7. Toegepast in dunne lagen van enkele micrometers dikte hebben de supergeleiders hun grootste stabiliteit. Het opdampen in dunne lagen gebeurt in vacuümkamers (4, 6) waarin stoffen die de supergeleider zullen vormen verhit worden en dan in gasvorm, geleid door een elektrisch veld op een glad oppervlak worden neergeslagen. Er ontstaan dan buigzame vellen (5) die nog in een oven gesinterd moeten worden en dan pas, bij voldoende afkoeling, supergeleidende eigenschappen hebben. Een toepassing die bij IBM wordt onderzocht is een detector, hier ongeveer 300 maal vergroot weergegeven, voor zwakke magnetische velden (7).

7

dat zo graag bekend staat als een goed geleide onderneming, er mee in zijn maag zou zitten dat onderzoekers maar wat aanrommelen.

Müller wil dat verhaal graag corrigeren. Hij geeft toe dat hij met Bednorz heel bewust geheimhouding heeft nagestreefd – enerzijds om een voorsprong op de concurrentie te kunnen opbouwen en anderzijds om als het mislukte "het idee dan een begrafenis in besloten familiekring" te kunnen geven. Müller wijst er evenwel op dat hij in juli vorig jaar, nadat zij hun doorbraak hadden gerealiseerd, zijn Amerikaanse baas op de hoogte had gesteld.

Over de aard van de doorbraak zijn de lezers van dit blad al in september op de hoogte gesteld door prof dr R. Griessen. Müller vertelde mij al een jaar of twintig met de gedachte te hebben rondgelopen dat het mogelijk moest zijn om supergeleiding bij oxyden in plaats van de gebruikelijke metalen aan te tonen. Hij heeft dat in het verleden ook wel eens geprobeerd maar toen lukte dat niet.

Dat het nu wel lukte om het bizarre natuurkundige fenomeen, waarbij beneden een bepaalde temperatuur (35 Kelvin in dit geval) de weerstand van elektrische geleiding als sneeuw voor de zon verdwijnt, bij de geheel ongebruikelijke keramische oxyden te realiseren, wijt Müller aan een combinatie van factoren. In de eerste plaats het feit dat hij vroeger niet met Georg Bednorz ("die me gelooft, die de literatuur induikt, die het materiaal kan maken en die drie jaar volhoudt") samenwerkte. Een rol speelde verder een opmerking van de fysicus Harry Thomas over polaronen (paren elektronen) in verband met supergeleiding, opmerkingen van de inmiddels overleden Duitse hoogleraar Heinz Bilz over Jahn-Teller-ionen en supergeleiding, een lezing uit 1971 van Schneider over de mogelijkheid dat gecomprimeerd waterstof ook supergeleiding kon vertonen plus een artikel uit 1985 van twee Franse onderzoekers van de universiteit van Caen over een koperoxyde waarin ook barium en lathaan zat en dat zich zo vreemd gedroeg.

Toen Müller en Bednorz, die al enige tijd op zoek waren naar supergeleiding bij oxyden, dat laatste artikel, dat niet over supergeleiding ging, lazen, dachten ze: dit zou het wel eens kunnen zijn. En dat was het dus ook.

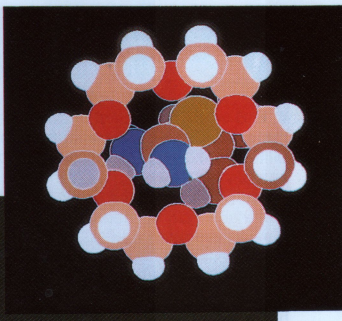
Literatuur

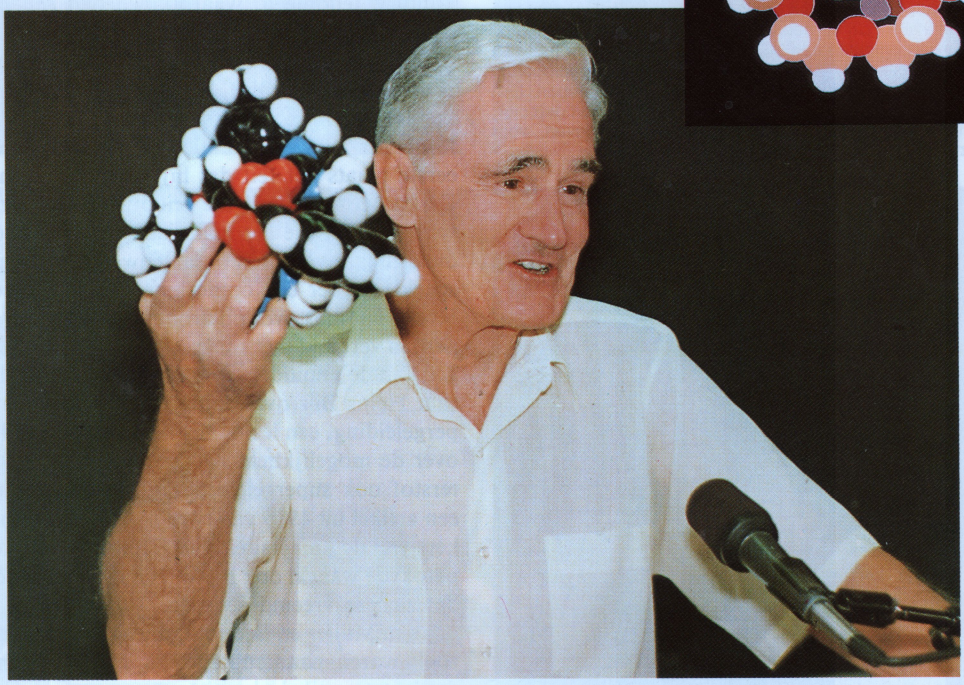
Griessen R. Supergeleiding. Een hot issue. Natuur en Techniek 1987: 55; 9, 710-721.
Rozendaal S. Supergeleiding. Natuur en Techniek 1987, 55, 11, 950-955.
Rozendaal S. Interview met Müller. Elseviers Magazine. 31 oktober 1987.
Rooze H. Atomen afgetast. De tunneling microscoop. Natuur en Techniek 1986: 54; 6, 472-483.

Bronvermelding illustraties

IBM Nederland BV, Amsterdam: 3, 7
Kim Steele, Abc press, Amsterdam: 1, 2, 4, 5, 6

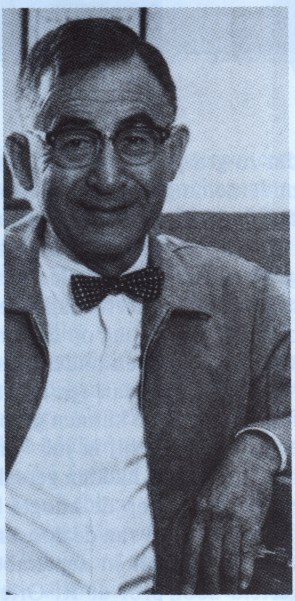
NOBELPRIJS SCHEIKUNDE 1987

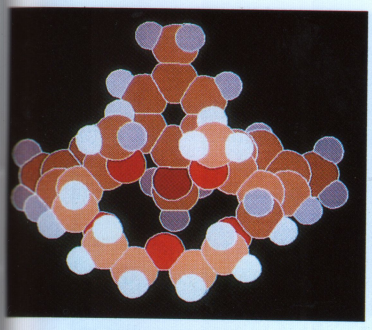




R.M. Kellogg
Rijksuniversiteit Groningen

D.N. Reinhoudt
Universiteit Twente Enschede



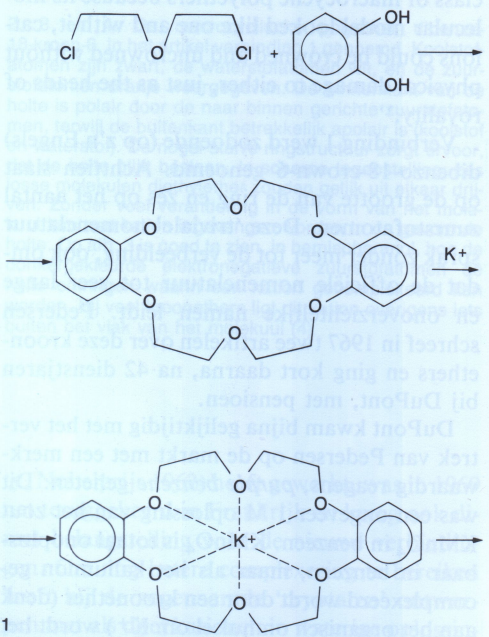


BEKROONDE ETHERS

Deze maand is de Nobelprijs voor de Scheikunde 1987 uitgereikt aan Charles J. Pedersen, een oud-medewerker van het Amerikaanse bedrijf Dupont, aan Donald J. Cram van de University of California in Los Angeles, en aan Jean-Marie Lehn, verbonden aan de Université Louis Pasteur in het Franse Straatsburg. Zij krijgen de prijs voor de ontwikkeling van een klasse organisch-chemische verbindingen die Pedersen in 1962 bij toeval ontdekte. Cram en Lehn werkten in de jaren zeventig verder aan de verbindingen die bekend zijn als *kroonethers*. Sommige kroonethers zijn in staat andere chemicaliën zeer selectief te binden. Enkele functioneren ook als synthetisch enzym.

De winnaars van de Nobelprijs voor de Scheikunde 1987: J. Pedersen (rechts onder), J-M. Lehn (links onder) en D.J. Cram. Twee van de molekulen waarvoor ze de prijs kregen staan hierboven. Het zijn ringvormige molekulen, in de holte die ze omringen kunnen zeer specifiek andere molekulen worden gebonden. Hier zijn hemispheranol en 18-kroon-6 afgebeeld, het laatste molekuul sluit een t-butylthiouroniumion in.

In het begin van de jaren zestig liet Charles Pedersen, al jaren werkzaam bij DuPont Central Research in Wilmington in de Amerikaanse staat Delaware, 1,2-dihydroxybenzeen reageren met derivaten van diethyleenglycol. Ethyleenglycol en polymeren ervan staan ondermeer bekend als antivriesmiddel in autoradiatoren. Min of meer bij toeval isoleerde Pederson een geringe hoeveelheid (0,4% van een reactieopbrengst) van een witte kristallijne stof. Het bleek uiteindelijk de stof te zijn die nu als dibenzo-18-kroon-6 bekend is. Wij noemen de verbinding hier verder structuur 1. De vorming van een macrocyclische ring met 18 atomen (8 koolstofatomen afkomstig van 2 molekulen diethyleenglycol, 4 van de benzeenringen en 6 zuurstofatomen) was op zichzelf merkwaardig, want de organische chemie van toen had problemen met het maken van grote ringvormige molekulen en van meer dan twaalf atomen. Dit is een gevolg van de sterk negatieve entropie voor vorming van deze verbindingen. Inmiddels is gebleken, dat deze entropieproblemen meestal vrij gemakkelijk overwonnen kunnen worden.



1

1. De reactie van diethyleenglycol met 1,2-dihydrobenzeen tot dibenzo-18-kroon-6.

Nog interessanter was echter de waarneming, en dit was ook de grote verdienste van Pedersen, dat verbinding 1 in methanol beter oplost wanneer zouten als KCl of KSCN toegevoegd worden. Er ontstaat dan een complex tussen 1 en het kation. Ion-dipool interacties van het kation met de zes zuurstofatomen zorgen voor de binding. Door de gunstige oriëntatie van de zuurstofatomen wordt het kation ingesloten in het midden van de ring, in feite blijkt het kation iets boven de macrocyclische ring te liggen. Heel simpel gezegd: het kation krijgt een organisch omhulsel en wordt daardoor oplosbaar in organische oplosmiddelen, terwijl de oplosbaarheid van 1 in polaire milieus toeneemt. Het negatief geladen tegenion van het zout wordt vervolgens 'meegesleept' in oplossing.

Pedersen bleek een scherp gevoel voor beeldspraak te hebben, zoals mag blijken uit het volgende citaat waarin hij beschrijft hoe hij de naam kroonethers bedacht voor de groep verbindingen die hij had gevonden.

"My excitement, which had been rising during this investigation, now reached its peak and ideas swarmed in my brain. I applied the epithet 'crown' to the first member of this class of macrocyclic polyethers because its molecular model looked like one and with it, cations could be crowned and uncrowned without physical damage to either, just as the heads of royality."

Verbinding 1 werd zodoende (op z'n Engels) dibenzo-18-crown-6 genoemd. Achttien slaat op de grootte van de ring en zes op het aantal zuurstofatomen. Deze 'triviale' nomenclatuur sprak zonder meer tot de verbeelding, ook omdat de officiële nomenclatuur tot zeer lange en onoverzichtelijke namen leidt. Pedersen schreef in 1967 twee artikelen over deze kroonethers en ging kort daarna, na 42 dienstjaren bij DuPont, met pensioen.

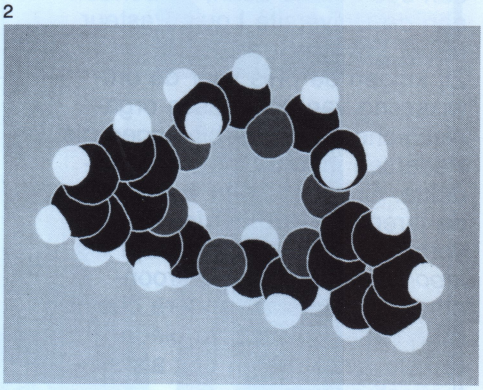
DuPont kwam bijna gelijktijdig met het vertrek van Pedersen op de markt met een merkwaardig reagens, *purple benzene* geheten. Dit was een ongeveer 1 M oplossing van het zout $KMnO_4$ in benzeen. $KMnO_4$ is totaal onoplosbaar in benzeen, maar als het kaliumion gecomplexeerd wordt door een kroonether (denk aan het organisch omhulsel om K^+) wordt het zout ineens goed oplosbaar. De benzeenoplossing krijgt dan de schitterend paarse kleur van het permanganaat anion. Dit was de eerste spectaculaire toepassing van de door Pedersen ontdekte klasse verbindingen.

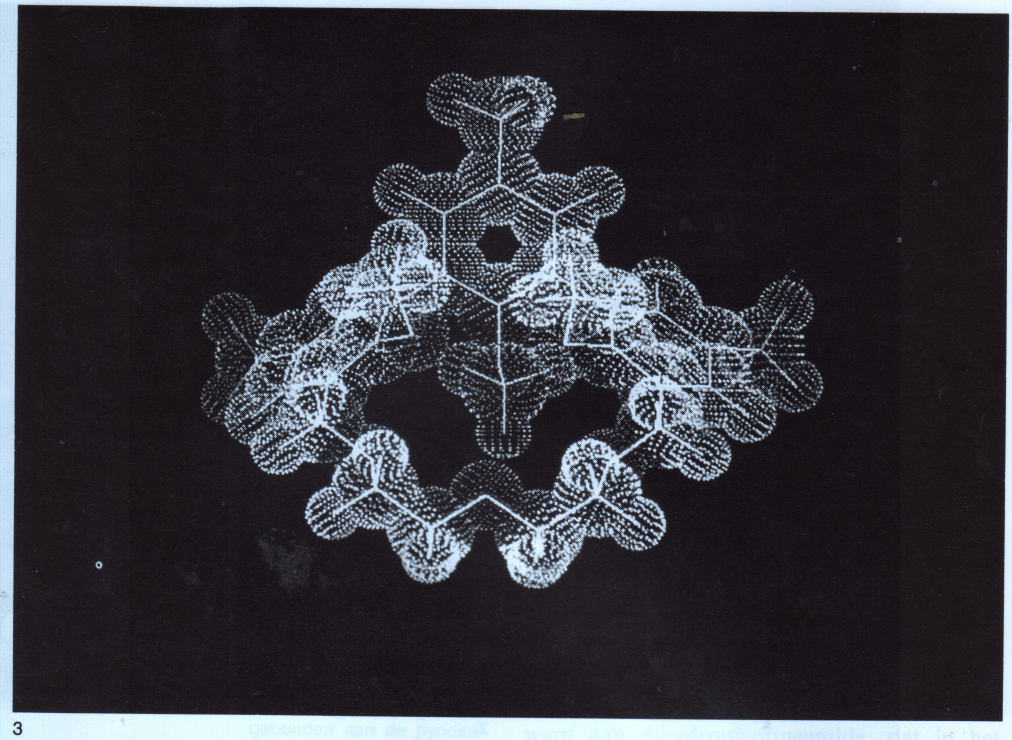
Het enorme belang van Pedersens ontdekking werd onmiddellijk ingezien door Donald Cram, verbonden aan de University of California in Los Angeles en door Jean-Marie Lehn aan de Université Louis Pasteur in Straatsburg.

Donald Cram, inmiddels 68 jaar, had al een indrukwekkende reputatie als organisch chemicus. Direct na zijn promotie aan Harvard University in 1947 maakte hij naam op het gebied van de stereochemie, vooral door een empirisch model waarmee de stereochemie van additions aan carbonylgroepen te verklaren is. Dit deed hij gelijktijdig met Vladimir Prelog (ETH, Zürich) die in 1975 de Nobelprijs ontving. Cram ging verder met stereochemie toegepast op ondermeer carbokationen, carbanionen en zwavelverbindingen.

De hoogsymmetrische structuren van de kroonethers en de complexen ervan intrigeerden Cram onmiddellijk. Zijn belangstelling voor de stereochemie bracht hem op het idee om optisch actieve kroonethers te maken. Dit deed hij door in de kroonether optisch actieve eenheden in te bouwen. Ook kunnen kroonethers ammoniumionen (RNH_3^+) complexeren. De nieuwe optisch actieve kroonethers van Cram zijn in staat zouten van racemische (dus 1:1-mengsels van rechts- en linksdraaiende) aminozuren te splitsen. De chirale kroonether herkent dan een vorm van het aminozuur. Zo'n herkenningsmechanisme is een we-

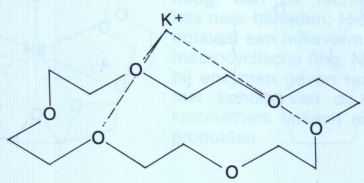
2





3

4



2, 3 en 4. De macrocyclische polyether dibenzo-18-kroon-6, in het artikel verbinding 1 genoemd. Koolstofatomen zijn zwart, de waterstofatomen wit, en de zuurstofatomen oranje weergegeven. De binnenkant van de holte is polair door de naar binnen gerichte zuurstofatomen, terwijl de buitenkant betrekkelijk apolair is (koolstof en waterstof). De nogal starre ringstructuur zorgt ervoor, dat de holte blijft bestaan. In scherpe tegenstelling: zes losse molekulen diethylether zouden gelijk uit elkaar drijven. Zonder veel verandering in de vorm van het molekuul kan een kation ingevangen worden in de gevormde holte. Op afb. 3 is goed te zien, in hemispheranol, hoe de donkergekleurde elektronegatieve zuurstofatomen de holte omringen waarin een kation gecomplexeerd kan worden. Bij veel kroonethers ligt dit kation overigens iets buiten het vlak van het molekuul (4).

zenlijk kenmerk van biologische systemen. Cram ontwikkelde bijvoorbeeld kroonethers die de werking van de enzymen papaïne en chymotrypsine nabootsen. Hij formuleerde nauwkeurige voorwaarden waaraan een kroonether moet voldoen om een goede pasvorm te bieden aan gastmolekulen of -ionen.

Jean-Marie Lehn, 48 jaar, die na zijn promotie bij R.B. Woodward (Harvard University, Nobelprijs 1962) heeft gewerkt, was in 1969 net teruggekeerd in Frankrijk en kreeg ook direct belangstelling voor de nieuwe verbindingen. Om nog betere complexering te bereiken heeft hij de zogenaamde 'cryptaten' ontworpen met als doel kationen in waterige oplossingen als het ware op te sluiten. Verbinding 2 (afb. 5) is hiervan een voorbeeld. De holte van 2 is net groot genoeg voor een kalium kation,

dat dan volledig ingesloten wordt in de molekulaire holte. De stabiliteit van het complex neemt hierdoor enorm toe: als het er eenmaal in zit, gaat het er met moeite weer uit.

Lehn is een veelzijdig chemicus en hij zag dan ook allerlei mogelijke toepassingen. Hij is degene die het concept van *supramolecular chemistry* ontwikkelde, waarbij niet het molekuul op zich, maar meer specifiek de interactie tussen molekulen belangrijk is. Naast de bicyclische cryptaten, zoals verbinding 2, ontwikkelde hij ook receptoren voor anionen. Andere gebieden waarop hij belangrijke bijdragen leverde zijn enzymmodellen, watersplitsing, membraantransport, vloeibare kristallen en homogene katalyse.

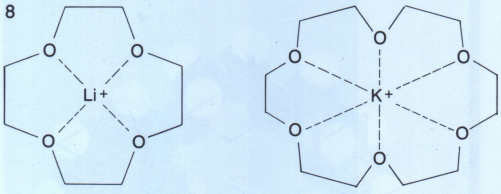
Wat voor gevolgen heeft de ontdekking van de kroonethers en cryptaten gehad voor de chemie? Eén van de mooiste resultaten is wellicht dat chemici nu een veel beter inzicht hebben gekregen hoe niet-covalente bindingen zoals ion-dipool interacties, ionenparen en waterstofbruggen toegepast kunnen worden. De organische chemie was altijd, en is nog steeds, sterk in het synthetiseren van molekulen, dat

7

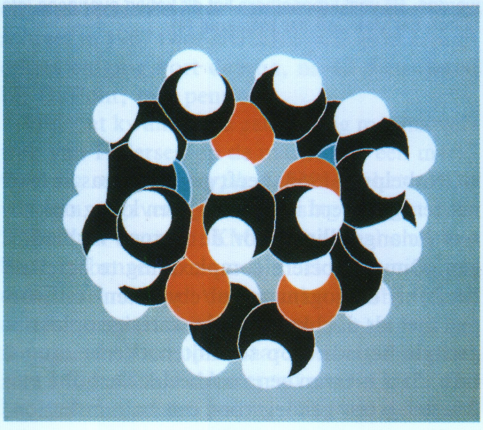
5. Het 'cryptaat' 2 zonder een kation. De twee stikstofatomen (blauw) zijn moeilijk zichtbaar in deze afbeelding. De holte, nu afgeschermd aan drie kanten, is duidelijk zeer apolair aan de buitenkant. In deze verbinding zit het grootste 'gat' aan de onderkant in deze foto. De andere openingen tot de holte zijn gelijk en kleiner van omvang.

6. Een complex van benzo-27-kroon-9 met een ingesloten uroniumion $HOC(NH_2)_2^+$.

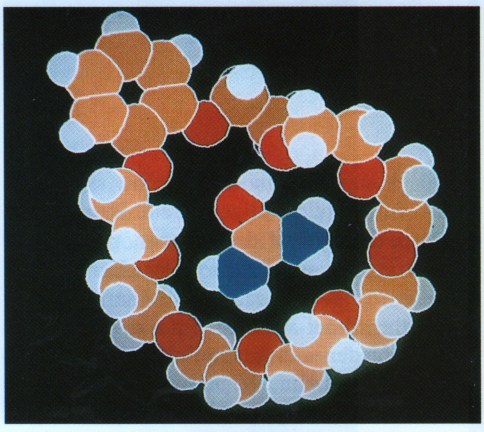
8



5

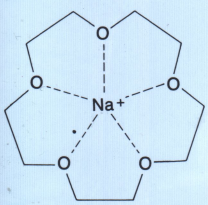


6

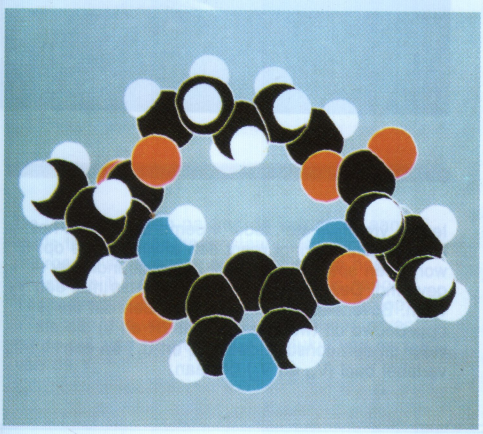


7. 'Cram with wife and molecules', plaatste het Engelse blad New Scientist met een gevoel voor typisch Engelse humor bij deze foto van het echtpaar Cram.

8. De stabiliteit van een complex tussen metaalion en kroonether wordt ondermeer bepaald door de grootte van het metaalion en van de kroonether. Zo is 12-kroon-4 beter geschikt om Li^+ te binden, maar veel te klein voor bijvoorbeeld K^+, dat juist goed gecomplexeerd kan worden door 18-kroon-6. Potentiële toepassingen voor deze kroonethers zijn het zuiveren van met zware metalen verontreinigd afvalwater en de winning van mineralen als uranium en goud uit zeewater. De tekeningen zijn slechts schematisch bedoeld en zijn niet op schaal gemaakt.



9. Afbeelding van verbinding 3, die dienst kan doen als enzymmodel. Alweer is een goed gedefinieerde molekulaire holte te onderscheiden. De amidegroepen (CONH), gebonden aan de pyridinering staan enigszins scheef doordat er twee chirale aminozuren in de verbinding zijn ingebouwd. Aan de linkerkant wijst de NH iets omhoog, aan de rechterkant iets naar beneden. Hierdoor ontstaat een helixvorm in de macrocyclische ring. Net als bij enzymen geven reacties met behulp van dit soort kroonethers optisch actieve produkten.



wil zeggen de kunst van het maken van covalente bindingen. Nu wordt de weg geopend om een symbiose van covalente en niet-covalente bindingen te bereiken.

Talrijke commerciële toepassingen van deze verbindingen zijn gevonden. Zo is in het Shell-laboratorium te Amsterdam een proces ontwikkeld (1974-1976) om met behulp van macrocyclische polyethers de met $BaSO_4$ verstopte olieleidingen in de Noordzee te reinigen. Ook aan Nederlandse universiteiten in Twente (Reinhoudt), Groningen (Kellogg), Utrecht (Drenth) en Nijmegen (Nolte) zijn onderzoeksgroepen werkzaam op het gebied van de macrocyclische verbindingen. Er zijn macrocyclische verbindingen gesynthetiseerd die selectief, afhankelijk van grootte en omringing van de holte, ionen als Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, Cs^+, verschillende overgangsmetalen en recentelijk ook neutrale organische verbindingen zoals ureum (H_2NCONH_2) complexeren. Zo zijn er modellen voor enzymen gemaakt waarvan de macrocyclische verbinding 3 een voorbeeld is. Het pyridinesysteem, ingebouwd in de periferie van deze macrocyclische verbinding is verwant aan dihydronicotineamide, dat in het coenzym, nicotineamide adenine dinucleotide (NAD^+/NADH) voorkomt. Verbinding 3 kan gezien worden als een zeer simpel model voor het enzym alcoholdehydrogenase.

De Nobelprijs voor Cram, Lehn en Pedersen is een terechte erkenning van hun baanbrekend werk. Het belang van het concept van herkenning op molekulair nivo wordt hiermee nog eens onderstreept.

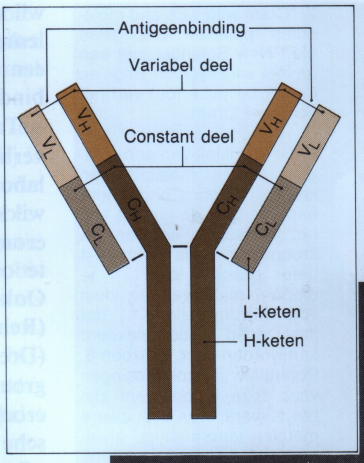
Prof. Kellogg dankt zijn promovendi drs B. Kaptein, drs H. van Doren en drs G. Dijkstra voor hun hulp bij het voorbereiden van het manuscript en de beeldschermfoto's.

Literatuur

Het citaat van Pedersen is afkomstig uit het artikel: Pedersen CJ. Aldrichimica Acta 1971: 4; 1.

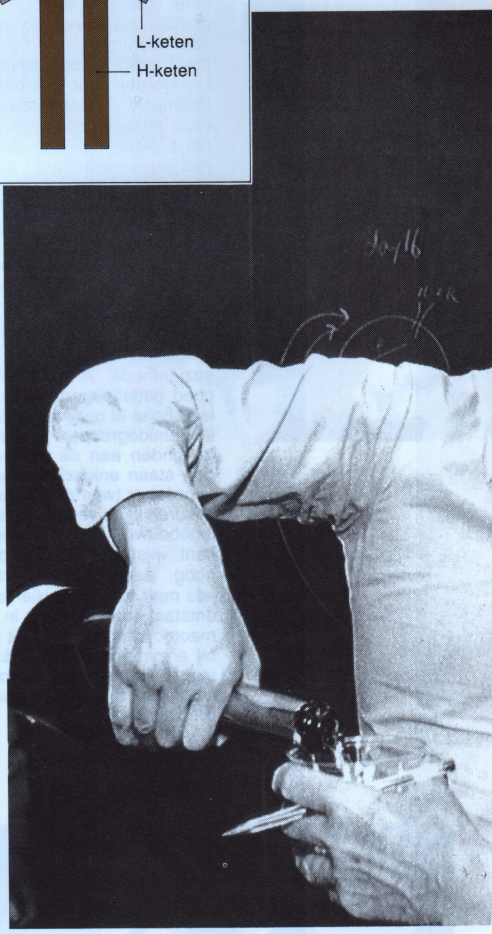
Bronvermelding illustraties

Associated Press, Amsterdam: pag. 974, 7
Vakgroep Organische Chemie, RU Groningen: 2, 5, 9
Afdeling Organische Chemie, Universiteit Twente: molekuulmodellen op 974 en 975, 3, 6



FLEXIBELE RESPONS

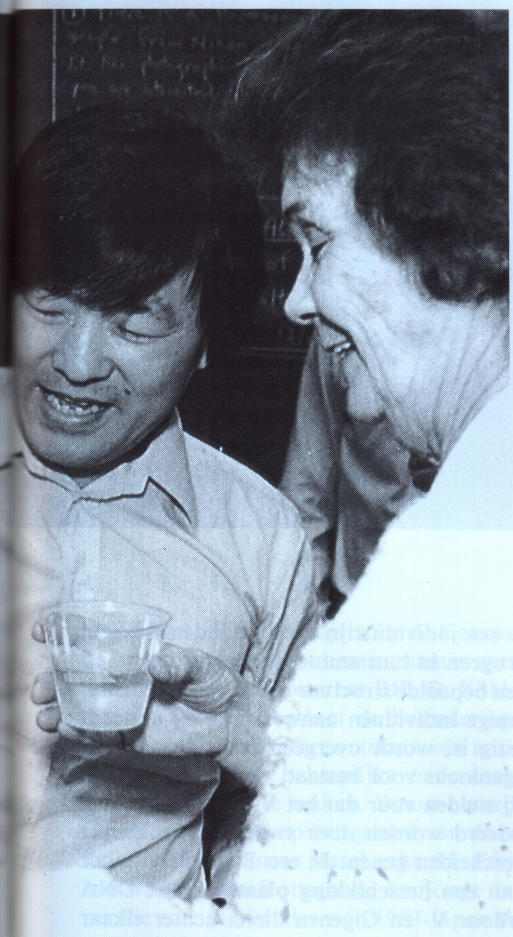
De Nobelprijs voor de Geneeskunde is dit jaar toegekend aan de Japanse onderzoeker Susumu Tonegawa. Hij krijgt de prijs voor de ontrafeling van het genetische mechanisme dat leidt tot de diversiteit van antistoffen. Hij toonde aan dat het oude dogma van de molekulaire biologie: 'één gen, één eiwit' niet altijd opgaat. Antistoffen zijn proteïnen waarvan er via herschikking en recombinatie van DNA, miljoenen verschillende gemaakt kunnen worden uit minder dan duizend genen.



L.A. Aarden
Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst Amsterdam

Iedere vreemde stof, ieder vreemd deeltje dat het lichaam binnendringt roept een afweerreactie op. Er wordt een specifieke antistof tegen de indringer gevormd. Deze antistoffen zijn proteïnen met een Y-vorm. Bovenstaande tekening laat zien dat die is opgebouwd uit twee paar ketens (H en L) die elk weer uit een constant deel (C_H en C_L) en een variabel deel (V_H en V_L) bestaan.

NOBELPRIJS GENEESKUNDE 1987



De variabele delen pakken de indringers aan, zoals te zien is op bovenstaande elektronenmicroscopische opname. Daar zien we hoe een antistof (pijl) fragmenten van een virus aanpakt. Ter oriëntatie: we kijken schuin van boven op de Y en zien dus vooral de wijkende benen ervan; bij de pijl zien we nog net een stukje van de poot van de Y.

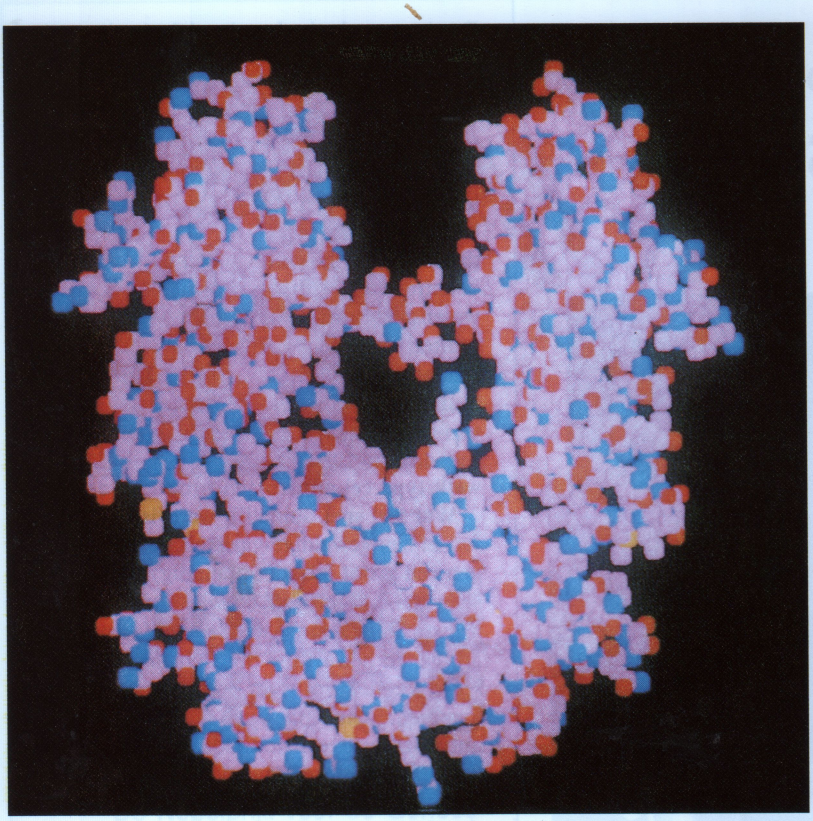
De immunologie houdt zich bezig met de bestudering van afweerreacties op vreemde stoffen die het lichaam binnendringen, zoals bacteriën, virussen en parasieten. Dank zij het pionierswerk van Louis Pasteur en Paul Ehrlich werd al in de vorige eeuw duidelijk hoe belangrijk de vorming van antistoffen in het bloed ter bestrijding van infecties is. Desondanks is de immunologie lange tijd een buitenbeentje geweest in de biologie en de medische wetenschap. Er waren maar weinig contactpunten met de belangrijke onderzoekslijnen binnen die takken van wetenschap en de immunologie was niet meer dan een catalogus van fenomenen. Een sprekend voorbeeld is het feit dan in 1960 nog steeds niet bekend was welk type cel antistoffen produceerde.

Wat wel snel duidelijk werd is dat antistoffen in een geweldige variëteit voorkomen. Tegen een groot (zo niet oneindig) aantal chemische structuren (*antigenen*) kunnen specifieke antistoffen gemaakt worden, zelfs wanneer het antigenen betreft die door chemici gesynthetiseerd werden en nooit eerder op aarde voorkwamen. Schattingen van het aantal mogelijke antistoffen in een individu liggen in de orde van 10^7. De grote vraag was hoe deze antistoffen gemaakt worden en vooral of iedere antistof apart gecodeerd wordt in het DNA.

Structuur van antistoffen

Antistoffen worden geproduceerd door B-lymfocyten. Elke B-lymfocyt is monospecifiek, in de zin dat elke cel slechts één type antistof maakt.

Er bestaat een vorm van kanker waarbij een enkele B-lymfocyt ongecontroleerd gaat groeien en ook antistoffen produceert. Dergelijke antistofpreparaten zijn homogeen van samenstelling en maken eiwitanalyse mogelijk. Dit leidde in 1962 tot de ontrafeling van de algemene structuur. Antistoffen blijken te bestaan uit twee identieke zware (H) ketens van ongeveer 450 aminozuren en twee identieke lichte (L) ketens van ongeveer 214 aminozuren die onderling door zwavelbruggen verbonden zijn. Het molekuul heeft ongeveer de vorm van een Y (linksboven). De specificiteit van antistoffen wordt veroorzaakt door twee antigeenbindingsplaatsen die liggen aan de uiteinden van de wijkende poten van de Y. Ze worden gevormd door de helft van de L-keten en het



1

2

kwart van de H-keten dat aan die uiteinden ligt. Analyse van de aminozuursamenstelling van een groot aantal H- en L-ketens toonde aan dat deze stukken van het molekuul een grote variatie in aminozuurvolgorde vertonen. Vandaar de termen V_H en V_L voor respectievelijk het variabele deel van de zware en lichte keten. De rest van de ketens heeft een relatief constante samenstelling en wordt daarom C_H en C_L genoemd. Zoals gezegd zorgt het variabele deel voor de antigeenbinding terwijl het constante deel zorg draagt voor een aantal secundaire functies, zoals de binding van complementsfactoren en de binding aan receptoren op tal van cellen.

Hoe zijn antistoffen in het DNA gecodeerd?

In 1965 publiceerden Dreyer en Bernet een theorie die diende om de volgende twee tegenstrijdige bevindingen met elkaar in overeenstemming te brengen.

1. In een individu zijn de V-gebieden extreem heterogeen in hun aminozuurvolgorde.
2. Een bepaalde structuur op de antistof die bij sommige individuen aanwezig en bij anderen afwezig is, wordt overgeërfd alsof er slechts één genlocus voor bestaat.

Zij stelden voor dat het V- en het C-gebied gecodeerd worden door twee onafhankelijke en gescheiden genen. In een B-lymfocyt vindt er dan een herschikking plaats op het DNA waardoor V- en C-genen direct achter elkaar komen te liggen. Van dit herschikte DNA kan dan via RNA een eiwitketen gemaakt worden. Dit proces vindt voor zowel de H- als de L-keten plaats. De combinatiemogelijkheden tussen de V- en C-gebieden zouden aanleiding geven tot de grote diversiteit in de antistofmolekulen.

In 1971 werd in Basel een instituut opgericht voor fundamenteel immunologisch onderzoek, het Basel Institute for Immunology (BII), onder leiding van Niels Jerne. Jerne, die

genen in kernhoudende cellen niet continu zijn, maar onderbroken worden door stukjes 'nonsense'-DNA. Pas als van het DNA een RNA-kopie is gemaakt worden deze niet-coderende stukken eruit gehaald (splicing) waardoor uiteindelijk de continue code van het eiwit ontstaat (Tabak, 1986). De herschikking zoals beschreven door Tonegawa vindt echter plaats in het DNA zelf. Daarnaast geldt ook voor de antistofgenen dat ze onderbroken worden door niet-coderende stukken. Het werk van Tonegawa en medewerkers heeft het startsein gegeven voor razendsnelle vorderin-

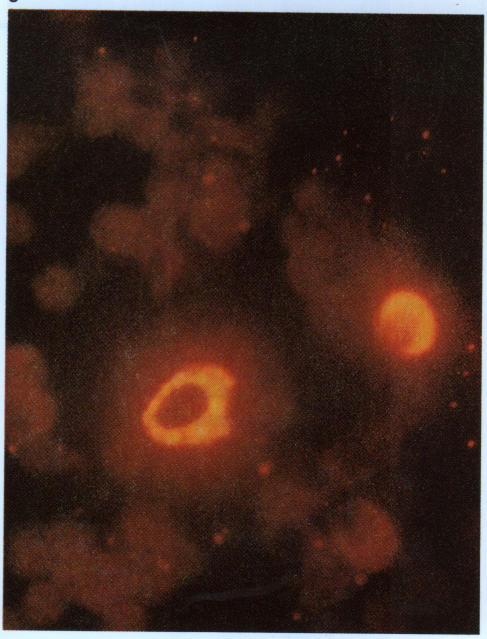
1. Door een computer gemaakte opname van een antistofmolekuul, in dit geval immunoglobuline G. We kijken van buiten tegen het proteïne aan. Alle afzonderlijke atomen, behalve waterstof, zijn aangegeven.

2. Deze opname van een antistof van een muis is eveneens door een computer gemaakt. We bekijken het Y-vormige molekuul van boven. De aminozuurketens zijn afgebeeld als een blauw lint. Alleen de cysteïne-molekulen zijn rood gekleurd. Deze vormen de zwavelbruggen waarmee de lichte en zware ketens verbonden zijn.

3. Het specifieke karakter van antistoffen kan worden gebruikt om bepaalde stoffen of cellen in monsters op te sporen. Op deze foto zien we hoe met een fluorescerende antistof tegen een bepaald proteïne de aanwezigheid van dat proteïne in een plasmatumorcel werd aangetoond.

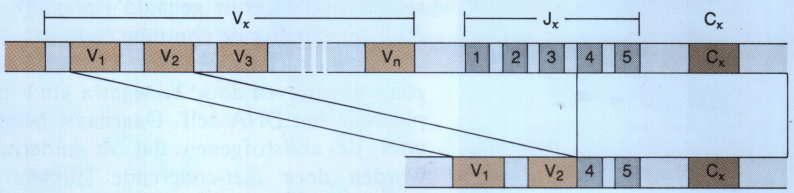
in 1984 zelf de Nobelprijs voor de Geneeskunde in ontvangst mocht nemen, samen met een andere medewerker van het BII, G. Köhler en met C. Milstein, besloot de bestudering van het mechanisme van het ontstaan van antistofdiversiteit tot een belangrijke onderzoekslijn van het instituut te maken. Daartoe werd een aantal specialisten op het gebied van de molekulaire biologie naar Basel gehaald. Eén van hen was Susumu Tonegawa, een jonge Japanner die na zijn afstuderen in 1963 Japan verliet en in de Verenigde Staten werkte. Hij stond voor de moeilijke taak het immuunsysteem toegankelijk te maken voor molekulair biologisch onderzoek. Dat was in een tijd dat de molekulaire biologie zelf in een stroomversnelling was gekomen. In 1976 publiceerde Tonegawa samen met N. Hozumi het bewijs dat het V- en C-gebied van de lichte keten inderdaad herschikt werden op het DNA van de lymfocyt. Een complicatie in het werk was het feit dat pas in 1977 bekend werd dat vrijwel alle

3



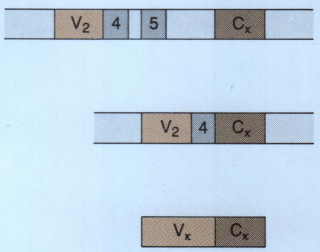
INTERMEZZO

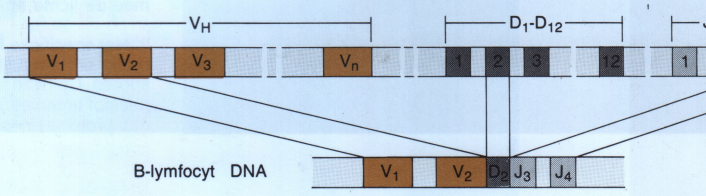
Organisatie van antistofgenen bij de muis.



In de kiembaan van de muis komen drie families van antistofgenen voor: de λ-lichte-ketengenen op chromosoom 16, de κ-lichte-ketengenen op chromosoom 6 en de zware-ketengenen op chromosoom 12. Als voorbeeld staan er hier twee afgebeeld. Een onderbreking betekent dat niet bekend is welke afstand de genen op het DNA hebben.

Voor de κ-keten geldt dat in de kiembaan tussen de 90 en 300 verschillende variabele Vκ-segmenten zitten. Niet ver van het laatste Vκ-gen





I. Schematisch overzicht van de genetische herrangschikkingen die optreden bij de vorming van antistoffen en die essentieel zijn voor de enorme variatiemogelijkheden in de structuur daarvan.

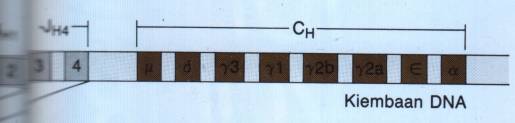
gen op dit gebied die geleid hebben tot een vrijwel volledige opheldering van het probleem van de antistofdiversiteit (zie Intermezzo).

Tonegawa en zijn medewerkers zijn nauw betrokken geweest bij vrijwel alle aspecten van het onderzoek, alhoewel ook twee andere groepen, die van Phil Leder en Lee Hood, een zeer belangrijke rol hebben gespeeld. Vandaar dat enkele weken voor de toekenning van de Nobelprijs Tonegawa, Leder en Hood gedrieën de belangrijke Lasker-prijs in ontvangst mochten nemen en vandaar ook dat het een verrassing was dat Tonegawa de Nobelprijs alléén kreeg. Wat niet wil zeggen dat hij die prijs niet ten volle verdient.

In de tijd (1976-1979) dat de belangrijkste ontwikkelingen plaatsvonden werd er op zijn lab letterlijk dag en nacht gewerkt, waarbij iedereen onder grote druk stond. Uiteindelijk hebben problemen met zijn medewerkers ertoe geleid dat Tonegawa in 1981 Basel verruilde voor het Massachusetts Institute of Technology (MIT) in de VS. Daar heeft hij zich de laatste tijd beziggehouden met een tweede groep immunologisch interessante molekulen, de T-celreceptoren. Deze membraaneiwitten vormen de antigeen-herkennende structuur van T-lymfocyten die betrokken zijn bij de cellulaire afweer. De genen van T-celreceptoren blijken op een vergelijkbare manier georganiseerd te zijn als antistofgenen en vormen dus een tweede groep van genen die herschikking op het DNA vertonen.

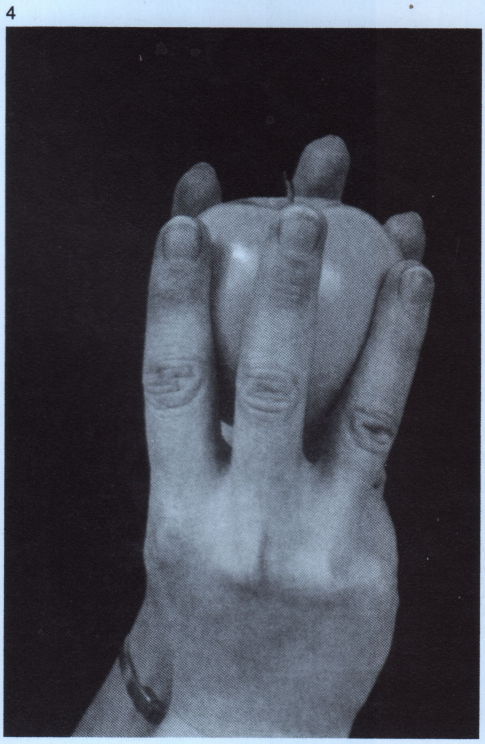
Ook vanuit het MIT sijpelen af en toe geruchten door dat Tonegawa zijn studenten zou slaan, maar desondanks moeten we zijn vast-

ligt een serie van vijf zogenaamde J-(van joining) genen $J_{\kappa 1}$-$J_{\kappa 5}$ en daarna een enkel C_κ-gen. Tijdens de rijping van de B-lymfocyt vindt dan een onomkeerbare herschikking plaats waarbij één van de V_κ-genen gekoppeld wordt aan één van de J_κ-genen en het tussenliggende DNA verdwijnt. Van het dan ontstane complex wordt RNA gemaakt wat na splicing omgezet wordt in boodschapper RNA (mRNA) dat vertaald wordt in eiwit. Voor de zware keten is de situatie nog iets gecompliceerder. De kiembaan bevat 100 à 200 V_H-, vier J_H-genen met daar tussen nog 12 D- (van diversity) genen en vervolgens een serie van acht C_H-genen. Vorming van een functioneel V_H-gen gebeurt doordat één van de V_H-genen recombineert met één van de D-genen en één van de J-genen. Het V_H-gen is dus samengesteld uit drie gebieden en omdat de precieze plaats van recombinatie onderhevig is aan kleine variaties, ontstaat een enorme diversiteit van antistofmolekulen.



4. Men kan de werking van antistoffen enigszins vergelijken met een hand die een appel pakt. De vingers komen overeen met het variabele deel van het molekuul. De manier waarop zij zich om de appel plooien is specifiek voor de grootte en vorm van deze vrucht.

4



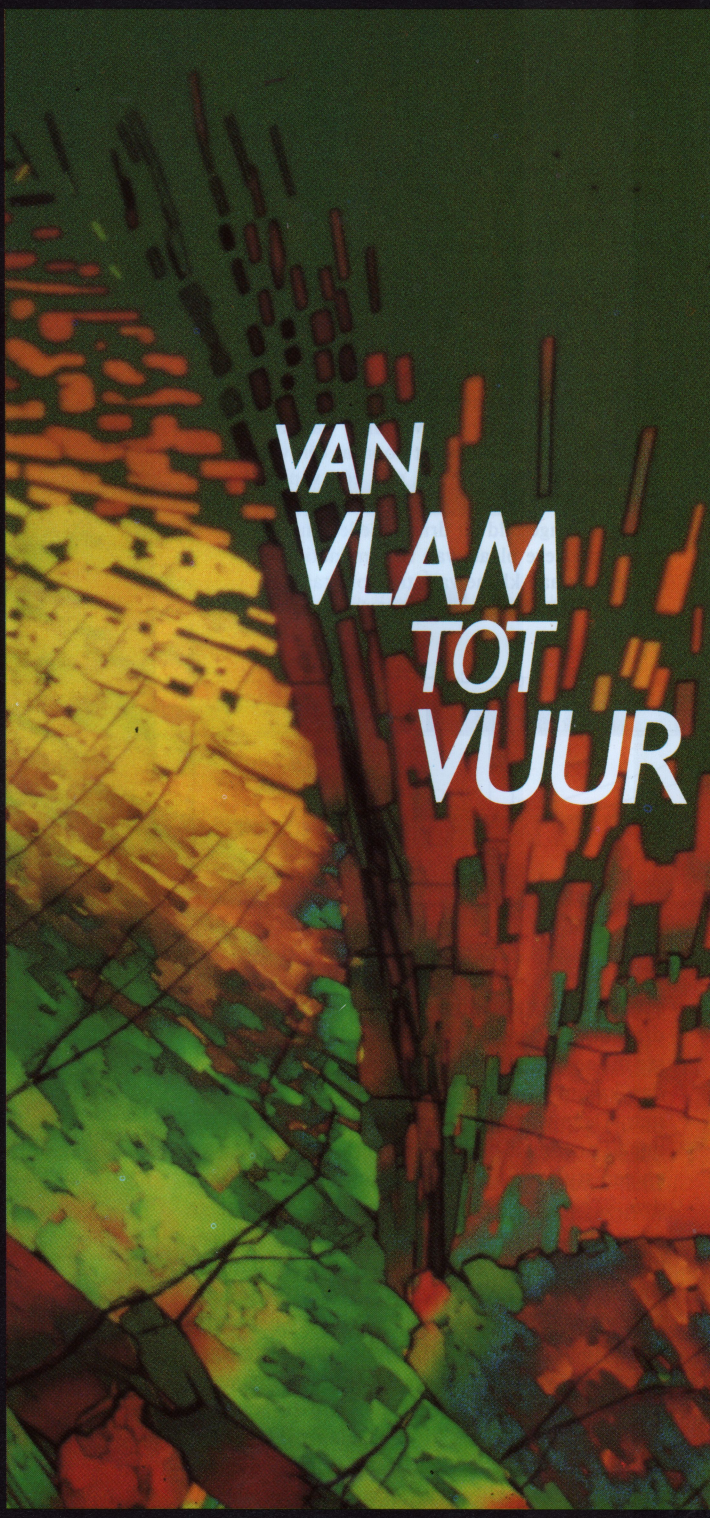
oudendheid, zijn inventiviteit en zijn toewijding bewonderen. Als voorbeeld van dat laatste moge de volgende anekdote dienen. Op een dag kwam hij het bureau van een collega binnen. Deze was in het bezit van een papiersnijder. Tonegawa had plastic handschoenen aan en een stuk papierachtig materiaal in zijn handen. Toen hij aanstalten maakte om dat te gaan snijden vroeg zijn collega angstig: "Susumu, je gaat hier toch geen radioactief materiaal op snijden?" "Nee", was het korte antwoord en hij ging door. "Maar Susumu", hield de ander vol, "je beschermt wel je handen met handschoenen". Dat ging Tonegawa te ver. Hij draaide zich kwaad om en zei: "Je denkt toch niet dat ik mijn handen wil beschermen. Die handschoenen draag ik om mijn experiment te beschermen tegen mijn handen".

Literatuur

Driedonks R. Antilichaamdiversiteit – Overzichtelijke genetische basis. Natuur en Techniek 1984: 52; 11, 898-917.
Tabak HF. RNA-katalyse. Natuur en Techniek 1986: 54; 12, 954-961.
Tweel J van den (red). Immunologie. Het menselijk afweersysteem. Maastricht: De Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek, 1988.

Bronvermelding illustraties

AP-foto, Amsterdam: pag. 980-982.
CAOS/CAM centrum, K.U. Nijmegen: 1, 2.
Instituut voor Experimentele Gerontologie TNO, Rijswijk: 3.
Uit: Roit, IM et al. Immunology: 4.



VAN VLAM TOT VUUR

Kaarslicht hoort bij kerstsfeer. Als er één maand is waarin kaarsen worden ontstoken, dan is het wel december. Even moet je een brandende lucifer of aansteker bij de pit houden, daarna houdt de kaars zijn eigen verbranding in stand. De was smelt, kruipt omhoog door de pit en verbrandt. Die verbranding is een complex proces dat alleen verloopt als aan bepaalde voorwaarden, de brandfactoren, voldaan is. Dat blijft zo als de kaarsvlam uit de hand loopt en brand ontstaat. Het blussen van branden is in feite het elimineren van één of meer brandfactoren.

W.J. Klijn
Directie Brandweer
Ministerie van Binnenlandse Zaken
's-Gravenhage

De kaarsvlam

In een rustige kaarsvlam kunnen we een duidelijke structuur ontdekken. Het meest opvallende element daarbij is de gele vlamtong, het gebied waarin nagenoeg alle lichtproduktie plaatsvindt. Binnen de vlamtong zien we een donkere kern die aan de onderzijde overgaat in de blauwe vlambasis. Bij scherpe waarneming is een zwakke halo zichtbaar rond het onderste gedeelte van de vlamtong.

Behalve een karakteristieke kleur heeft ieder gebied in de kaarsvlam ook een min of meer karakteristieke temperatuur. De halo is met 1400°C het heetst; de blauwe basis het koelst, maar nog altijd zo'n 600°C. Dit kleur- en temperatuurpatroon is het resultaat van een groot aantal fysische en chemische processen die kunnen verlopen dank zij de specifieke geometrie van de kaars. Met name de pit speelt daarin een belangrijke rol.

De voornaamste brandstof voor een kaarsvlam is stearinezuur, dat naast paraffine het belangrijkste bestanddeel van een kaars is. De totaalreactie voor de verbranding van een molekuul stearinezuur ziet er als volgt uit:

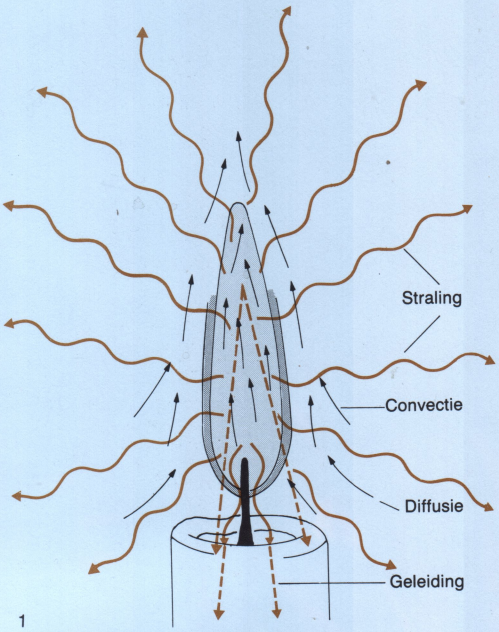
$$C_{18}H_{36}O_2 + 26\ O_2 \rightarrow 18\ CO_2 + 18\ H_2O$$

De verbrandingswaarde van stearinezuur bedraagt 39,2 kilojoules per gram. Van deze hoeveelheid warmte moet een gedeelte (circa 3kJ·g^{-1}) worden geïnvesteerd in de processen die aan de verbranding voorafgaan:

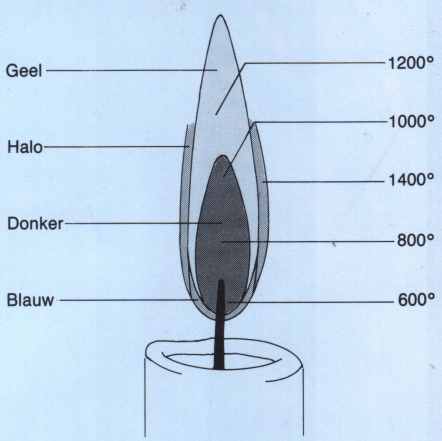
- de verwarming van stearinezuur tot het smeltpunt (0,06 kJ·g^{-1});
- de smeltwarmte (0,2 kJ·g^{-1});
- de verwarming tot het kookpunt van circa 400°C (0,95 kJ·g^{-1});
- de verdampingswarmte (0,4 kJ·g^{-1});
- de verwarming tot 1400°C, de reactietemperatuur (1,3 kJ·g^{-1}).

Op het eerste gezicht lijkt deze energie-investering makkelijk door de verbrandingswarmte van het stearinezuur opgebracht te kunnen worden. Dit is echter bij nader inzien niet zonder meer het geval. Om dat te begrijpen moeten we de warmtestromen in en rond de kaarsvlam nader bekijken.

Uit metingen is gebleken dat circa 25% van de verbrandingswarmte vrijkomt in de vorm van straling, die in alle richtingen (isotroop) wordt uitgezonden. De rest van de verbrandingswarmte gaat zitten in de bewegingsenergie van de deeltjes in de vlam. Deze deeltjes verplaatsen zich voornamelijk in opwaartse richting (convectie), waardoor lucht aan de onderzijde van de vlam wordt aangezogen. De energievragende processen in de buurt van het kaarsoppervlak moeten het dus hebben van de fractie van de stralingsenergie die op het kaarsoppervlak valt. Dat dit op zich onvoldoende is voor de hierboven genoemde endotherme pro-



1

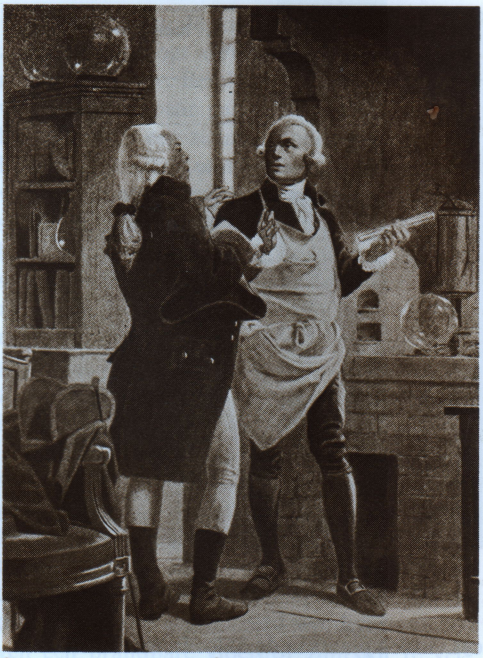


2

1. Ongeveer een kwart van de energie in een kaarsvlam komt vrij in de vorm van straling. Deze wordt naar alle kanten uitgestraald. Een deel hiervan komt terecht in het kaarsvet, dat erdoor gesmolten wordt. Convectie en diffusie zorgen ervoor dat in de vlam steeds voldoende zuurstof aanwezig is.

2. In een rustige kaarsvlam zijn allerlei zones aan te wijzen die verschillend gekleurd zijn. Daarmee hangen ook verschillen in temperatuur samen, terwijl in de verschillende zones ook andere chemische omzettingen plaatsvinden.

3. Antoine Laurent Lavoisier, hier in zijn laboratorium, was een van de grootste geleerden uit de tijd van de Verlichting. Hij heeft zich onder andere met vuurverschijnselen bezig gehouden. In zijn tijd dacht men, in navolging van de oude Grieken die vuur als één van de vier aardse elementen beschouwden, dat er een 'vuurmaterie' *flogiston* zou bestaan. Kaarsvet en steenkool zouden uit vrijwel pure flogiston bestaan. Lavoisier verwierp deze opvatting na bestudering van de verbranding van fosfor. Als men er van uitgaat dat die neerkomt op het onttrekken van flogiston, mag men verwachten dat het verbrandingsprodukt lichter is. Het is echter zwaarder, wat alleen kan als flogiston een negatieve massa heeft en dat idee was zelfs Lavoisiers tijdgenoten te bar. Later toonde hij aan dat deze verbrandingsreactie neerkomt op het binden van zuurstof.



3

cessen blijkt wanneer we een brandende lucifer boven een kaars met afgeknipte pit houden. We krijgen de kaars dan niet aan het branden. Opwarming tot de smelttemperatuur en het smelten zelf lukken nog, enige verdamping zal ook wel plaatsvinden, maar niet voldoende; de opwarming tot de hoge reactietemperaturen kunnen we wel helemaal vergeten.

Het is duidelijk dat we hier de pit missen. Die zorgt er juist voor dat de gesmolten brandstofmolekulen, via capillaire werking, in een optimale positie gebracht worden voor energie-overdracht vanuit de kaarsvlam. De warmtetransportmechanismen in de kaarsvlam zijn weergegeven in afbeelding 1.

Chemie van de kaarsvlam

De chemie van de kaarsvlam omvat heel wat meer dan de genoemde reactievergelijking. Zij begint al in de pit bij temperaturen tussen 100 en 200°C. Nog voor verdamping heeft plaatsgevonden is er al sprake van isomerisatiereacties binnen molekulen en uitwisseling van brokstukken tussen molekulen onderling. Vervolgens start een ontledingsproces (pyrolyse), dat na de verdamping in de kern van de vlam wordt voortgezet. Dit 'kraakproces', dat overigens ook energie vergt, resulteert in een brandbaar gasmengsel, dat de inhoud van de vlamkern vormt. Dat zich brandbare gassen in de vlamkern bevinden kunnen we aantonen door een dun glazen buisje met het ene uiteinde in de kern te houden en aan het andere uiteinde de ontwijkende gassen te ontsteken.

Bij het kraakproces en het daarop volgende verbrandingsproces ontstaan kleinere deeltjes die gedeeltelijk samenklonteren tot roetdeeltjes. Als we een met water gevulde lepel in de kaarsvlam houden worden deze roetdeeltjes zichtbaar in de vorm van een zwarte aanslag. Houden we de lepel een stukje boven de vlam dan zien we geen aanslag, maar condensvorming. Dit toont aan dat de roetdeeltjes op hun weg naar boven verbranden. De roetvorming is verantwoordelijk voor de lichtproduktie van de kaars: de gloeiende roetdeeltjes emitteren geel licht.

Aan de produktie van roet en andere verbrandingsprodukten gaat een groot aantal andere reacties vooraf, waaronder radicaalreacties. Deze spelen een belangrijke rol bij het in stand houden van het verbrandingsproces.

De laatste stappen van het verbrandingspro-

TABEL 1. **Explosiegrenzen in lucht en zuurstof (volumeprocenten)**

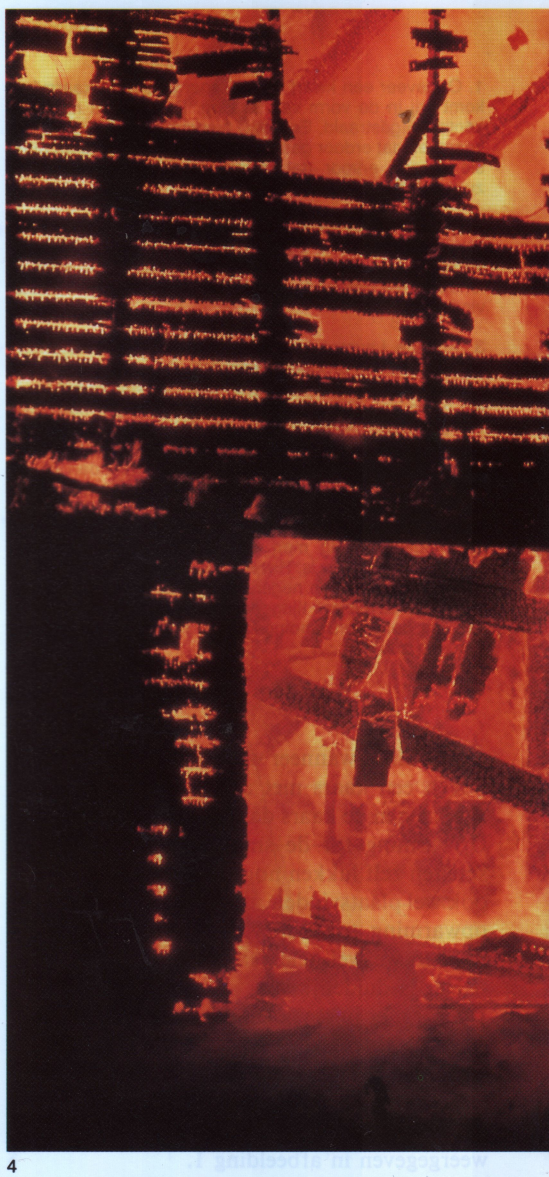
	Lucht		Zuurstof	
Explosie grens	Onderste	Bovenste	Onderste	Bovenste
Methaan	5,0	15,0	5,0	61
n-Butaan	1,8	8,4	1,8	49
Methanol	6,7	36	6,7	93
Waterstof	4,0	75	4,0	95
Koolstofmonoxyde	12,5	74	12,5	94
Ammoniak	15,0	28	15,0	79
Benzeen	1,3	7,9	1,3	30

ces vinden plaats in de halo. In deze zone heersen de hoogste temperaturen en is de zuurstofconcentratie het hoogst. Die zuurstof wordt door convectie en diffusie uit de omringende lucht aangevoerd. Bij de kaarsvlam spreken we daarom van een diffusievlam, ter onderscheiding van een vlam waarbij brandstof en zuurstof gemengd zijn voor het tijdstip van ontsteking, wat het geval is bij een bunsenbrander.

In een kaarsvlam is sprake van een *steady-state,* een toestand van dynamisch evenwicht. Wanneer we een volume-elementje beschouwen, op welke plaats in de vlam dan ook, zijn zowel stofaanvoer en -afvoer als energieaan- en afvoer met elkaar in balans. Temperatuur en concentraties variëren in zo'n volume-elementje maar weinig en er zijn corrigerende mechanismen aanwezig die afwijkingen naar boven of beneden ongedaan maken. In theorie is het mogelijk een plattegrond van de kaarsvlam te maken, waarin alle relevante grootheden zijn gekwantificeerd. Het aantal variabelen is echter zo groot dat een volledige beschrijving (nog) niet mogelijk is.

De vijf brandfactoren

Voor het branden van een kaars, maar ook bijvoorbeeld voor de verbrandingsprocessen die in huis optreden als de kaars op een onbe-



4

waakt moment omvalt, geldt dat aan een vijftal voorwaarden moet worden voldaan om de verbranding op gang te brengen en in stand te houden. Deze voorwaarden worden brandfactoren genoemd. Het zijn: de aanwezigheid van een brandbare stof, de aanwezigheid van zuurstof, een bepaalde verhouding tussen de concentraties brandstof en zuurstof, een temperatuur die hoog genoeg is en de afwezigheid van remmende componenten. Deze factoren

5

4. Een houten schuur is bijna uitgebrand. Toch is nog duidelijk de structuur van de constructie te zien. Dat komt doordat de warmtegeleiding in hout, zeker als er een laagje koolstof op ligt, slecht is. Daarom behouden houten constructies langer hun structurele integriteit.

5. In deze afbeelding van een kaarsvlam zijn niet alleen de verschillend gekleurde zones van de vlam goed te zien, ook het gloeiende puntje van de pit valt op. Gloed treedt vaak op bij branden van vaste stoffen en wel op plaatsen waar een temperatuur van meer dan 500°C heerst, maar geen zuurstof aanwezig is of niet aan een van de andere brandfactoren wordt voldaan.

zijn gemakkelijk te begrijpen als we de algemene reactievergelijking voor verbrandingsprocessen bezien:

$$xB + yO \rightarrow \text{verbrandingsprodukten.}$$

De snelheid waarmee de reactie verloopt is afhankelijk van de reactieconstante en de brandstof- (B) en zuurstof (O) concentraties. De reactieconstante is onder meer afhankelijk van de temperatuur.

Verhoging van de concentratie brandstof of zuurstof verhoogt de reactiesnelheid, echter niet zondermeer. Beschouwen we een mengsel van een brandbaar gas en zuurstof, dan kan het alleen tot een zichzelf onderhoudend verbrandingsproces komen als per tijdseenheid voldoende effectieve botsingen tussen beide soorten molekulen plaatsvinden. Dit is alleeen het geval als de brandstofconcentratie zich tussen bepaalde grenzen bevindt, de *explosiegrenzen*. Beneden de onderste explosiegrens is het mengsel te arm en boven de bovenste explosiegrens te rijk aan brandstof (te arm aan zuurstof). Het laatste is bijvoorbeeld het geval in de donkere kern van de kaarsvlam.

Explosiegrenzen zijn verschillend voor verschillende gassen en vloeistofdampen. Ze hangen af van de zuurstofconcentratie (zie tabel 1). Met name de grote invloed van de zuurstofconcentratie op de bovenste explosiegrens is opvallend. Het explosiegebied kan verkleind of zelfs tot nul gereduceerd worden door boven een brandbare vloeistof zuurstof te vervangen door een inert gas. In de petrochemische industrie wordt daarvoor vaak stikstof gebruikt en bij tankers vaak de eigen uitlaatgassen. Een kaars dooft als het zuurstofpercentage onder de 16 zakt.

Bij brandbare vloeistoffen is de temperatuur erg belangrijk. Deze bepaalt, via de relatie met de verzadigde dampspanning, of het dampluchtmengsel boven de vloeistof zich binnen het explosief gebied bevindt en dus ontstoken kan worden. De temperatuur waarbij dit juist het geval is wordt het *onderste vlampunt* van de vloeistof genoemd. Op basis van dit vlampunt worden brandbare vloeistoffen ingedeeld in drie klassen met vlampunten die respectievelijk lager dan 21°C, tussen 21 en 55°C en boven 55°C liggen. De K-vloeistoffen (<21°), waartoe benzine behoort, zijn licht ontvlambaar bij normale temperaturen. Vloeistoffen uit beide andere categorieën kunnen echter eveneens ontstoken worden, mits plaatselijke warmte wordt toegevoerd.

We hebben bij het bovenstaande de aanwezigheid van een ontstekingsbron verondersteld. Een brandbare vloeistof kan echter ook tot zelfontbranding worden gebracht door verhitting, zonder dat daar een ontstekingsbron aan te pas komt. We spreken dan van de zelfontbrandingstemperatuur.

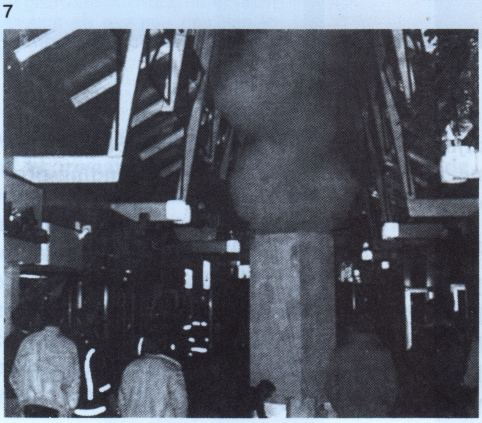
Wanneer voldaan is aan de concentratie-

6

6. In tegenstelling tot houten constructies verliezen stalen bouwwerken bij brand hun structurele integriteit. De oorzaak is dat staal begint te verweken bij temperaturen boven 500°C, waarna de constructie onder zijn eigen gewicht bezwijkt.

7. Een groot percentage van de slachtoffers van branden komt niet om door verbranding, maar door verstikking. Dat gebeurt vooral als in gesloten ruimtes veel kunststoffen aanwezig zijn. De rook is op zichzelf al schadelijk, maar bevat bovendien vaak giftige gassen. Bij de beveiliging van (openbare) gebouwen is het dan ook van belang dat men inzicht heeft in de manier waarop rook zich er verspreidt. Op de foto zien we een opname van een test van het rookafvoersysteem in een winkelcentrum.

7

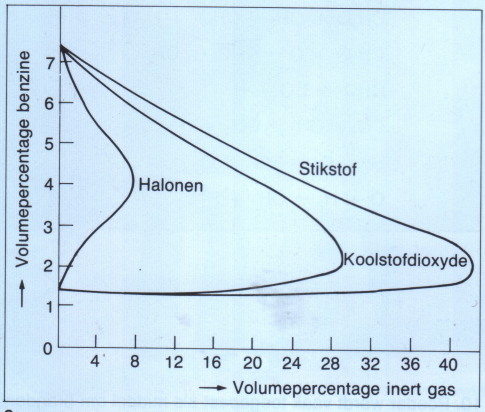


voorwaarden kan een dampluchtmengsel ontstoken worden. De ontstekingsbron moet, om een zichzelf onderhoudend proces aan de gang te krijgen, voldoen aan twee voorwaarden. De temperatuur moet hoog genoeg zijn om de activeringsenergie van de verbrandingsreactie op te brengen en de energieinhoud moet groot genoeg zijn om voldoende molekulen aan het reageren te brengen. De vrijkomende reactiewarmte zorgt er dan voor dat het proces zonder verdere energie-input van de ontstekingsbron kan doorgaan. De hoeveelheid energie die bijvoorbeeld moet worden toegevoegd om een kaars aan het branden te krijgen is, zoals we al zagen, vrij groot. Dit geldt ook voor vaste stoffen in het algemeen (tenzij zeer fijn verdeeld). Voor de ontsteking van een explosief gasmengsel daarentegen is een vonk, bijvoorbeeld als gevolg van het bedienen van een lichtschakelaar, voldoende.

Vaste stoffen

Bij de verbranding van vaste stoffen spelen nog andere factoren dan de hierboven genoemde een rol. Een aantal vaste stoffen verbrandt op eenzelfde wijze als het stearinezuur

8. Een mengsel van benzinedamp en lucht ontbrandt alleen als het mengsel binnen het explosiegebied ligt. Men kan daarom branden van dergelijke mengsels voorkomen of blussen door onbrandbare gassen toe te voegen, zoals stikstof, kooldioxyde of halonen. Stikstof is in betrekkelijk grote percentages nodig, kooldioxyde in kleinere; halonen in nog veel kleinere.



8

van de kaars. Achtereenvolgens smelten, verdampen, ontleden ze en verbranden uitsluitend met vlamverschijnselen. Voorbeelden zijn de vetten en bepaalde synthetische polymeren (polyamide).

Behalve de vlamverschijnselen, waarmee de door ontleding en verdamping vrijkomende gassen verbranden, treden er ook gloedverschijnselen op. Dit is het geval wanneer de smelttemperatuur van de vaste stof boven de heersende reactietemperatuur ligt. Een gloeiende vaste stof heeft een bepaalde kleur die afhangt van de temperatuur. Deze varieert van zeer donkerrood bij 500°C tot verblindend wit zoals bij een magnesiumbrand bij 1500°C. Bij de kaars kunnen we dit gloedverschijnsel waarnemen aan het uiteinde van de gedeeltelijk verkoolde pit. Meestal gloeit de pit in het blauwe gebied waar bijna geen zuurstof aanwezig is en geen verbrandingsreacties plaats vinden. Het is dus zuiver de temperatuur van 500 à 700°C die dit gloeien veroorzaakt.

Ook de vorm en de verdelingsgraad van de stof vormt een belangrijke factor, evenals de warmtegeleiding en de mate waarin elk deeltje omhuld is met zuurstof. De invloed van de verdelingsgraad en de zuurstofomhulling blijkt uit het gemak waarmee we een hoopje houtkrullen kunnen ontsteken, vergeleken met een blokje hout. Bij het blokje is de zuurstofomhulling slecht, anders gezegd: er is een relatief klein contactoppervlak tussen hout en zuurstof. Bovendien is de warmtegeleiding slecht en wordt nog slechter als zich een koollaagje op het oppervlak vormt. Dit laatste ligt trouwens ten grondslag aan de geringe snelheid waarmee de verbranding in hout doordringt (circa 4 cm per uur bij de gangbare brandcondities). Houten constructies behouden dan ook langer hun structurele integriteit dan onbeschermde stalen constructies, die al vanaf circa 500°C beginnen te verweken.

Een bijzonder proces treedt op als hout langdurig aan temperaturen van 60 tot 100°C wordt blootgesteld. Bij dergelijke temperaturen gaan de cellen waaruit het hout is opgebouwd stuk. De celinhoud verdampt gedeeltelijk en een gigantisch groot inwendig oppervlak ontstaat in innig contact met zuurstof uit de lucht. Deze situatie treffen we bijvoorbeeld vaak aan in houten constructiedelen van open haarden, waarbij onvoldoende geïsoleerd is. Een onverwacht ontbranden is vaak het gevolg.

Andere soorten vaste stoffen vertonen weer een ander brandgedrag. De verschillende synthetische polymeren die in de huiselijke sfeer toegepast worden verschillen in de temperatuur waarbij ze verweken en smelten. Ze branden al dan niet zelfonderhoudend en er kunnen dus totaal verschillende verbrandingsprodukten ontstaan.

Een speciale plaats wordt ingenomen door de verbrandingsbevorderende stoffen. Tot deze groep behoren bepaalde katalysatoren en stoffen als kaliumchloraat en -nitraat die veel zuurstof bevatten. Ze worden onder andere toegepast in vuurwerkartikelen, samen met brandbare stoffen en allerlei toevoegingen voor de kleur- en knaleffecten. Stoffen die brandbaar en zuurstofhoudend zijn behoren vaak tot de explosieven (trinitrotolueen, glyceroltrinitraat). Ook metalen als magnesium en aluminium zijn brandbaar. Zeer fijnverdeeld ijzer ontbrandt zelfs spontaan aan de lucht (pyrofoor ijzer). Vanwege de grote diversiteit in brandgedrag is het moeilijk vaste stoffen te karakteriseren door slechts één of enkele parameters, zoals het vlampunt bij brandbare vloeistoffen.

Remmende factoren

In het bovenstaande is nog niet ingegaan op de afwezigheid van remmende componenten als brandfactor. Voor het in stand houden van een verbrandingsproces zijn allerlei radicalen van groot belang. Radicalen zijn uiterst reactieve molekulen of atomen, vanwege het feit dat ze een ongepaard elektron bevatten. Op zoek naar een extra elektron reageren ze met brandstof- en zuurstofmolekulen, onder vorming van weer nieuwe radicalen. In vlammen is dan ook sprake van een complex geheel van kettingreacties (tabel 2).

Remmende factoren vangen veelal de radicalen weg en onderbreken zo de kettingreacties. Op dit mechanisme is de werking van een aantal blusmiddelen gebaseerd, met name de blusgassen (halonen) en de bluspoeders. Halonen als broomchloordifluormethaan en broomtrifluormethaan breken vlammen af door het wegvangen van de waterstof- en hydroxylradicalen (H· en OH·). Ze zijn al effectief als ze 6 tot 10% van de atmosfeer in de brandende ruimte uitmaken.

De sinds mensenheugenis gebruikte en meest bekende blusstof is natuurlijk water. Water dankt zijn bluskracht aan zijn groot koelend vermogen, als gevolg van de grote soortelijke warmte en grote verdampingswarmte. Bovendien verdringt de gevormde stoom de zuurstof uit de lucht. Op twee brandfactoren, de temperatuur en de aanwezigheid van zuurstof, wordt dus aan de voorwaarden voor verbranding getornd.

Verhindering van contact tussen (verhitte) brandstof en zuurstof is een derde blusmogelijkheid. Voorbeelden zijn: het afsluiten van een brandstofleiding, de blusdeken, zand of aarde, het bekende deksel op de brandende oliepan en het snuiten van de kaars. Zuurstofverdringing speelt ook een rol bij blusgassen als kooldioxyde en stikstof. Van deze gassen zijn, afhankelijk van de inhoud van een ruimte, grote hoeveelheden nodig om een brand te onderdrukken. Om dit te bereiken moet het kooldioxydegehalte van een ruimte op circa 50% gebracht worden (stikstof wordt als blusstof nauwelijks toegepast).

De belangrijkste blusstoffen hebben we hiermee gehad, op één na....schuim. Schuim is een blusmiddel dat bij uitstek geschikt is voor vloeistofbranden. De bluswerking berust

TABEL 2. **Radicaalreacties in een koolwaterstof-diffusievlam**

$CH_4 + OH\cdot \rightarrow CH_3\cdot + H_2O$

$CH_4 + H\cdot \rightarrow CH_3\cdot + H_2$

$CH_3\cdot + O \rightarrow CH_2O + H\cdot$

$CH_2O + CH_3\cdot \rightarrow CHO\cdot + CH_4$

$CH_2O + H\cdot \rightarrow CHO\cdot + H_2$

$CH_2O + OH\cdot \rightarrow CHO\cdot + H_2O$

$CH_2O + O \rightarrow CHO\cdot + OH\cdot$

$CHO\cdot \rightarrow CO + H\cdot$

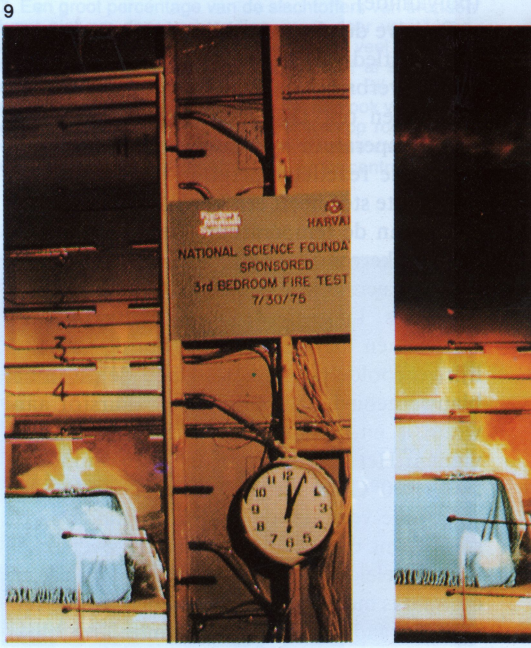
$CO + OH\cdot \rightarrow CO_2 + H\cdot$

$H\cdot + O_2 \rightarrow OH\cdot + O$

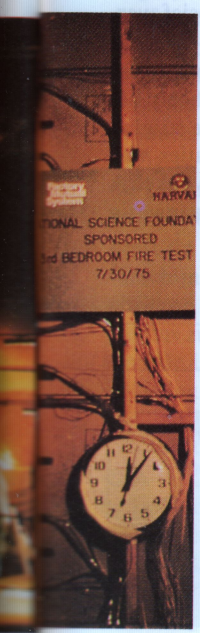
$O + H_2 \rightarrow OH\cdot + H\cdot$

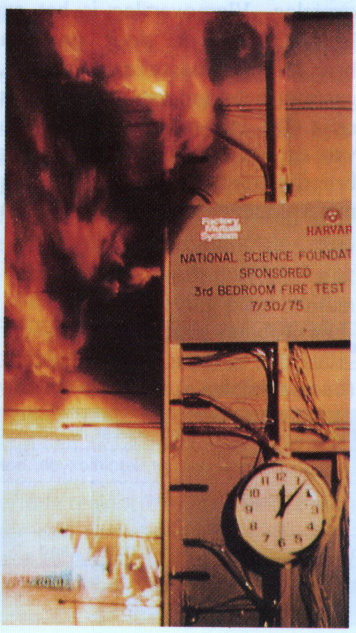
10. Poeder wordt vaak toegepast als middel om branden te blussen. De werking ervan berust vooral op het wegvangen van de radicalen die het chemische proces van de verbranding in stand houden. Andere blusmiddelen sluiten de brandhaard af van de zuurstof in de lucht, verdringen zuurstof of werken vooral door hun koelend effect. Water bijvoorbeeld kan zeer veel warmte opnemen uit de omgeving, het heeft een grote warmtecapaciteit.

9



10





9. Op vele manieren kan het gedrag van materialen bij brand onderzocht worden. Deze foto's laten zien hoe een brand verloopt die opzettelijk is aangestoken door (in het laboratorium) een smeulende sigaret op een bed te leggen. Al na vier minuten heeft zich een dikke laag rook en gassen gevormd, die na zes minuten de hele ruimte vult. Na zeven minuten en vijf seconden ontbrandt het gasmengsel en staat de ruimte in lichterlaaie.
In dit verband wordt veel onderzoek gedaan naar het gedrag van bouwmaterialen. Bij zogenaamde vlamuitbreidingsproeven wordt een proefstuk (bijvoorbeeld een gipsplaat) aan één zijde blootgesteld aan temperaturen tot 1000°C en worden de ontwijkende brandbare gassen ontstoken. Vervolgens meet men hoe snel de vlammen zich over het proefstuk uitbreiden.
Daarnaast kent men ook vlamoverslagproeven, die doorgaans gedaan worden door twee proefstukken op enige afstand tegenover elkaar te plaatsen en één ervan aan te steken. Men meet daarbij hoeveel energie nodig is om de vlamoverslag te realiseren. Andere vormen van onderzoek zijn er op gericht te bepalen hoe lang een complete constructie zijn stabiliteit behoudt, hoe dicht zij is voor hete brandbare gassen en hoe groot de temperatuurstijging is die aan de onverhitte zijde optreedt.

op de eerste plaats op de afscherming van het vloeistofoppervlak van de warmtestraling uit de vlammenzone. Op de tweede plaats wordt door de schuimlaag de verdamping van de vloeistof beperkt. En ten derde is er nog sprake van enige koelende werking. Schuimvormende middelen zijn er in veel soorten die elk hun toepassingsgebied hebben, onder andere afhankelijk van de aard van de vloeistof waarop zij toegepast worden.

In het algemeen kan gesteld worden dat er grenzen zijn aan de toepasbaarheid van elke blusstof. In tabel 3 worden de blusstoffen ingedeeld naar hun geschiktheid als blusmiddel bij verschillende soorten branden, de zogenaamde brandklassen. Deze tabel wordt in de praktijk gehanteerd, maar wel met de nodige voorzichtigheid. In de praktijk bepalen talloze variabelen de keuze van een geschikt blusmiddel. Uit dit keuzeproces kan ook komen dat blussing niet verantwoord is, bijvoorbeeld bij sommige branden van opslagplaatsen van bestrijdingsmiddelen.

11

Brand

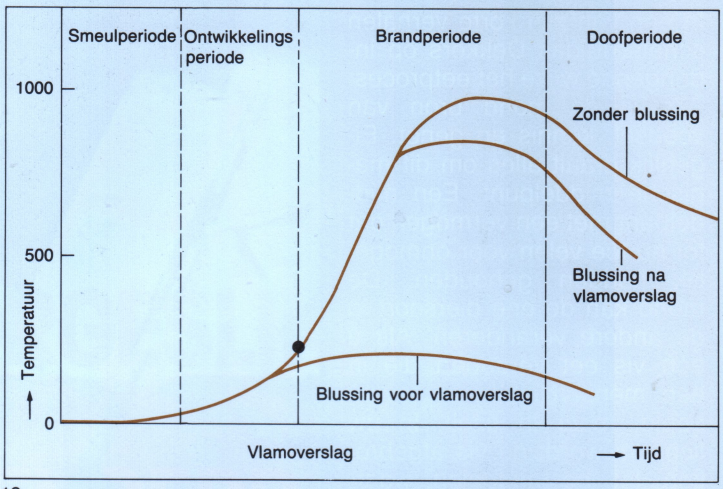
Een rustig brandende kaarsvlam is een voorbeeld van een gecontroleerd verbrandingsproces: normaal gesproken brandt alleen de pit en is hij opzettelijk aangestoken om licht en/of sfeer te creëren. Gecontroleerde verbrandingsprocessen worden wel vaker toegepast, ook op schalen die die van de kaarsvlam verre te boven gaan zoals in elektriciteitscentrales, hoogovens, kachels, fornuizen en verbrandingsmotoren.

Wanneer bijvoorbeeld de kaars omvalt tegen de kerstboom of de gordijnen, dan slaat het gecontroleerd verbrandingsproces om in een ongecontroleerd proces, dat we brand noemen.

We hebben gezien dat er soms maar weinig voor nodig is om een verbrandingsproces op gang te krijgen. Het verdere verloop van een brand binnen een ruimte, waarin hoofdzakelijk vaste stoffen aanwezig zijn, kan worden gevolgd aan de hand van de temperatuurontwikkeling. Deze ziet er globaal uit als weergegeven in afbeelding 12. Een belangrijk punt in deze ontwikkeling is het moment van vlamoverslag. Vlamoverslag is het explosief verbranden van de door ontleding ontstane brandbare gasmassa in een ruimte, zodra deze gasmassa de onderste explosiegrens heeft bereikt. Dit gaat gepaard met een snelle stijging van de temperatuur en de concentraties verbrandingsprodukten. Wanneer aanvankelijk niet voldoende zuurstof in de ruimte aanwezig

TABEL 3. **Indeling van brandbare stoffen in brandklassen en blusstoffen**

Brandklasse	Voorbeelden	Geschikte blusstoffen (Indicatief)
A. Vaste stoffen	Hout, papier,textiel, kunststoffen	Water, schuim, poeder, kooldioxyde, halonen
B. Vloeistoffen	Benzine, alkoholen	Schuim, poeder, kooldioxyde, halonen
C. Gassen	Aardgas, propaan, butaan, acetyleen	Poeder, halonen
D. Metalen	Kalium, natrium, magnesium	Speciaal poeder, droog zand
E. Ongeklassificeerd	Transformatoren, generatoren, condensatoren	Poeder, kooldioxyde, halonen



12

11. In gebouwen waar veel mensen komen hangen vaak zogenaamde sprinklers die, zodra de temperatuur in een ruimte hoog oploopt, grote hoeveelheden water naar binnen spuiten.

12. Dit schema geeft het globale verloop van een brand in een woning weer. Vier fasen worden onderscheiden. De duur van elke fase is zeer globaal aangegeven. In de praktijk hangt deze sterk af van allerlei variabelen die per geval verschillen.

is, kan door het openen van een deur juist zoveel zuurstof aangevoerd worden dat vlamoverslag optreedt. Met deze mogelijkheid wordt door de brandweer altijd rekening gehouden.

De duur van de verschillende perioden aangegeven in afbeelding 12 verschilt, maar ook de lengte van elke periode varieert. De sluimerperiode kan kort zijn, maar ook uren duren zoals bij een cafébrand enkele uren na sluitingstijd veroorzaakt door een niet goed gedoofde sigarettepeuk in een prullenmand. Bij de daarop volgende ontwikkelingsperiode is het belangrijk wat de bijdrage van de materialen in de ruimte is aan de brandvoortplanting. Wanneer veel goed brandbaar materiaal aanwezig is, (zachtboard), kan vlamoverslag vijf tot zes minuten na aanvang van de ontwikkelingsperiode plaatsvinden. Vlamoverslag markeert de overgang naar de brandperiode. Het verschijnsel vlamoverslag treedt overigens niet altijd op en soms kan zelfdoving plaatsvinden wegens zuurstofgebrek. De duur van de brandperiode is afhankelijk van factoren als: vuurbelasting, fysische toestand (verdelingsgraad) van het brandbaar materiaal, ventilatiecondities, het tijdstip van het brandweeroptreden etcetera.

De doofperiode tenslotte duurt meestal aanzienlijk langer dan de brandperiode. Er kunnen gloeinesten in de kleinste hoeken en gaten zitten of verborgen binnenin een hoop verbrandingsresten. De nablussing neemt dan ook vaak nog vele uren in beslag nadat het sein 'brand meester' is gegeven. Op zo'n moment zal niemand in de stemming zijn om te mijmeren over het verschijnsel vuur en de daarmee samenhangende fysische en chemische processen.

Literatuur

Tuve Richard L. Principles of Fire Protection Chemistry. Boston: National Fire Protection Association, 1976.
Lyons John W. Fire. New York: Scientific American Library, 1985. (Verschijnt volgend jaar in de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek).
Bijl LJ. Uit de brand...Handboek brandonderzoek. Lelystad: Kon. Vermande BV, 1987.
Es JW van, Heukelom JAM. Kleine blusmiddelen, 's-Gravenhage: Inspectie voor het Brandweerwezen, 1980.

Bronvermelding illustraties

Larsbech: pag. 986-987.
Deutsches Museum, Berlin: 3
ABC-Press, Amsterdam: 4
Wim Köhler, Cadier en Keer: 5
Uit: Lyons, John W. Fire: 6, 9
TNO-Rijswijk: 7
Ansul, Lelystad: 10
Nederlands Bureau Voor Sprinklerbeveiliging, Bilthoven: 11

In één van zijn korte verhalen schetst Midas Dekkers op indringende wijze het eetproces: "Zo is de mond bron van voedsel, kennis en genot. Eigenlijk draait alles om dit magische middelpunt. Een middelpunt met een vermogen dat tot nu toe velen voor onmogelijk hadden gehouden. De mond kan de ene diersoort in de andere veranderen. Als u een vis eet verandert die in een mens. Niet in uw evenbeeld, maar in uzelf. In uw lichaam wordt de vis afgebroken tot bestanddelen waarmee u uzelf aanvult en wederopbouwt. Van huis uit bent u niet meer dan een enkele bevruchte eicel. Voor de rest bestaat u uit vis, pindakaas, bitterballen, varkensrib en huzarensalade. Met de mond belijden mensen niet alleen hun geloof in zielsverhuizing maar maken die waar ook. Elk opgegeten dier verandert bij zijn dood in een ander. Helaas kunnen we onze droom als een leeuw of adelaar in een volgend leven terug te komen op deze wijze tegenwoordig wel vergeten. Na een plechtige begrafenis keren we hooguit terug als wormen. Weet wat u aan het haakje van uw hengel spietst."

G.A. Charbon
Experimenteel Laboratorium
Perifere Circulatie
Rijksuniversiteit Utrecht

C.J. van der Grond
Onderwijs Media Instituut
Rijksuniversiteit Utrecht

Al tijdens het nuttigen van een maaltijd komt de spijsvertering op gang. Bij het kauwen wordt al het eerste enzym, amylase toegevoegd. De verdere afbraak vindt plaats in de maag en de twaalfvingerige darm, waarna deze in de dunne darm wordt voltooid, en de vrijgemaakte voedingsstoffen opgenomen worden. Ze komen in de bloedbaan terecht en worden naar de lichaamscellen gevoerd voor verdere verwerking. Bij de verwerking van koolhydraten speelt het hormoon insuline, waarvan hier een kristal is afgebeeld, een belangrijke rol.

VAN
DOORGESLIKT
TOT
AFGEVOERD

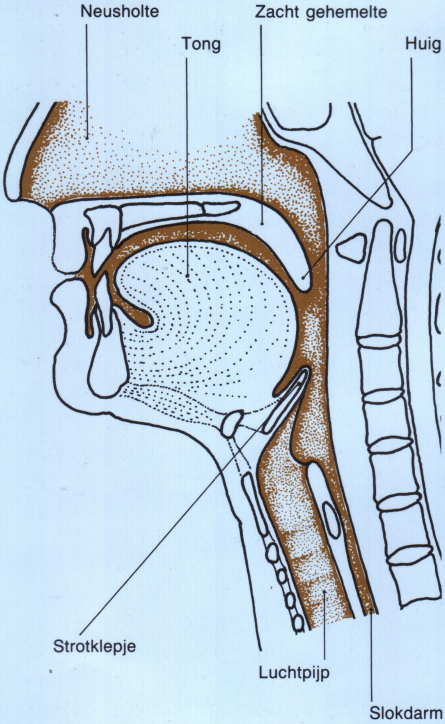
Zodra we op de wereld komen werken de ingewikkelde mechanismen, die nodig zijn voor de opname van voedsel, perfect. De pasgeboren baby vindt de tepel van de moederborst of de speen van de zuigfles. Door het zuigen komt de melk in zijn mondholte. Op tijd, en zonder verslikken, wordt de melk ingeslikt tot in de slokdarm. De ademhaling moet daarvoor heel even worden gestopt, want voedsel- en luchtweg kruisen elkaar hier. Het slikproces verloopt geheel automatisch, maar is ook met opzet in werking te zetten.

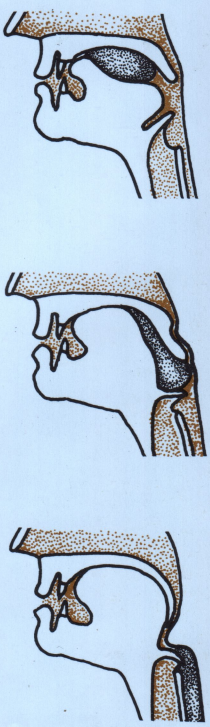
Vloeibaar voedsel kan zo worden doorgeslikt. Vast voedsel moet eerst worden fijngekauwd. Daarbij wordt het min of meer vloeibaar gemaakt door het sap van de speekselklieren. De tong speelt bij kauwen en slikken een belangrijke rol. Van echte vertering, een chemische afbraak van voedselcomponenten, is in de mond nog nauwelijks sprake.

Na het slikken zijn de verdere lotgevallen van dat voedsel onttrokken aan onze wil en aan onze waarneming. Alleen in ongewone situaties merken we nog iets van wat we hebben doorgeslikt: we kunnen buikpijn krijgen of moeten overgeven, last hebben van diarree of van een verstopping. Al deze verschijnselen staan in nauwe relatie tot de mechanische bewerking, die ons voedsel bij de maagdarmpassage ondergaat. In de darmen wordt de spijsbrij grondig gekneed en gemengd met de sappen die de lever (gal), het pancreas en de darmen afscheiden. Voedselcomponenten worden chemisch afgebroken en zo geschikt gemaakt voor opname in de bloedbaan via de darmwand. Het onbruikbare blijft in de darm achter en wordt voortgestuwd door de motoriek. Eén of twee dagen na het eten komen deze afvalprodukten als ontlasting en urine in de WC. We zijn ons er meestal niet van bewust dat we ook nog wat verliezen met zweet en soms (knoflook) via de uitademing uit de longen.

We zullen in dit artikel uitsluitend aandacht besteden aan de transportmechanismen die van belang zijn na het slikken, tot aan het moment dat de ontlasting aan het einde van het maagdarmkanaal ons lichaam verlaat. De bewegingen van slokdarm, maag en darm, nodig voor dit transport noemen we de motoriek van het maagdarmkanaal.

1





1. Op een dwarsdoorsnede van het hoofd is te zien dat de neus- en mondholte en de farynx open met elkaar verbonden zijn en dat luchtpijp en slokdarm beide in de farynx beginnen. Voedsel dat we doorslikken mag echter alleen in de slokdarm terechtkomen. De drie kleine tekeningen laten zien hoe in één gecoördineerde beweging eerst de toegang tot de neusholte afgesloten wordt door het zachte gehemelte en daarna de toegang tot de luchtpijp door het strotklepje.

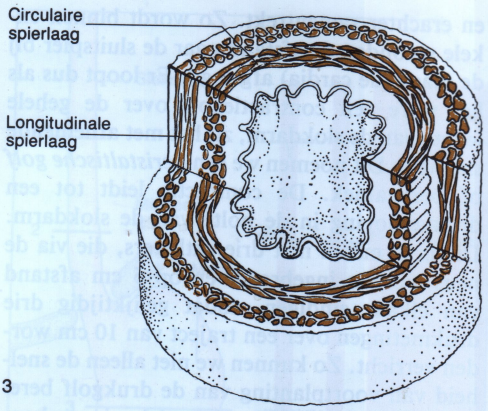
2. Dit schema geeft een overzicht van de weg die voedsel door ons lichaam aflegt.

3. De wand van het maagdarmkanaal is over de gehele lengte volgens hetzelfde patroon opgebouwd. Voor de bewegingen zijn de twee spierlagen van belang. Eén ervan, de buitenste, bestaat uit spierbundels die in de lengterichting (longitudinaal) van de buis lopen. De bundels van de andere laag lopen rond (circulair).

Anatomie

Het maagdarmkanaal heeft verschillende delen, ieder met een eigen functie. Grof gezien is het een lange buis waarvan de wand in principe overal eenzelfde opbouw heeft, zij het in details aangepast. Van buiten naar binnen is er een in de lengte verlopende spierlaag, een netwerk van zenuwen (plexus van Auerbach), een circulaire spierlaag, een tweede netwerk van zenuwen (plexus van Meissner) en een rijk van bloedvaten voorzien slijmvlies.

Aan het ene eind van de buis zit de mond. De lippen kunnen de mondholte afsluiten door middel van een kringspier. Een dergelijke afsluiting vinden we ook aan begin en eind van de slokdarm. Vanuit de slokdarm, die ongeveer 25 cm lang is, bereikt het voedsel de maag. Het eerste deel van de maag, de fundus, fungeert als reservoir, dat 'mondjesmaat' het voedsel doorgeeft via het tweede deel, het antrum. Het voedsel bereikt langs de pylorus, weer een sluitspier, de twaalfvingerige darm, het duodenum. Dit is het begin van de ongeveer twee meter lange dunne darm waarin eerst

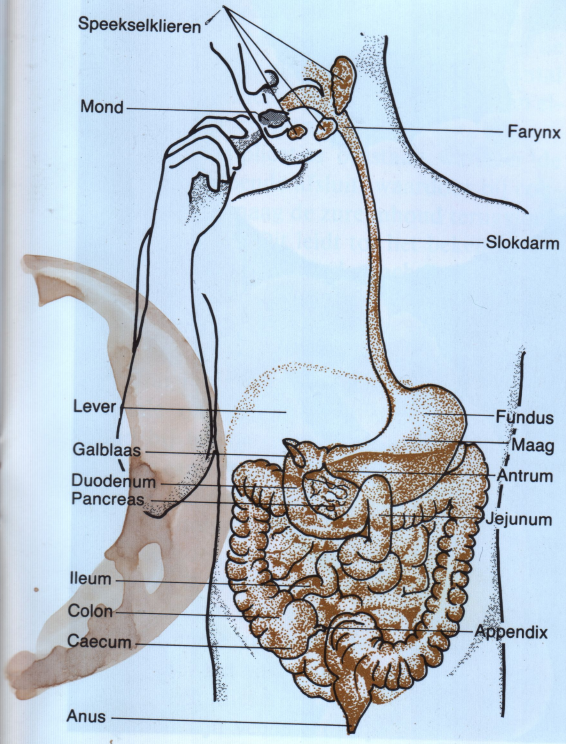


3

het jejunum en dan het ileum worden onderscheiden. In het duodenum wordt de spijsbrij gemengd met het sap van het pancreas en met de gal uit de lever en uit de galblaas. Aan het einde van de dunne darm vinden we weer een afsluiter, de klep van Bauhin. Daarna is de dikke darm (het colon) bereikt, die niet veel langer is dan één meter. De overgang van dunne darm naar dikke darm heet coecum. Bij het coecum bevindt zich de 'blinde darm', die eigenlijk wormvormig aanhangsel heet. Aan het einde van de dikke darm zit de anus, die ook door een kringspier wordt afgesloten.

De eigenlijke spijsvertering begint in de maag, waar een sterke concentratie zoutzuur en het eiwitsplitsende enzym pepsine worden afgescheiden. Even verderop, in het duodenum heeft de gal vooral een emulgerende werking op vetten en scheidt het pancreas enzymen af voor de splitsing van eiwitten, koolhydraten en vetten in een basisch sap, dat de zure spijsbrij uit de maag neutraliseert. In de dunne darm worden, na vertering, de meeste voedselcomponenten opgenomen in de bloedbaan, die via de lever de algemene bloedsomloop bereiken. Tot slot wordt in de dikke darm voornamelijk water aan de darminhoud onttrokken, zodat de ontlasting een vaste vorm krijgt.

2



Motoriek van slokdarm tot anus

Slokdarm

Als we een hap doorslikken komt hij in de ongeveer 25 cm lange slokdarm. De hap (nu *bolus* genoemd) wordt in de richting van de maag gestuwd doordat de slokdarm ervóór verslapt

en erachter samentrekt. Zo wordt binnen enkele seconden de afstand naar de sluitspier bij de maag (de cardia) afgelegd. Er loopt dus als het ware een contractiegolf over de gehele lengte van de slokdarm, zij het met afnemende snelheid. Dit noemen we een *peristaltische golf* of peristaltiek. De contractie leidt tot een drukverhoging in de holte van de slokdarm. Die is te meten met drie catheters, die via de neus worden ingebracht en op 5 cm afstand van elkaar eindigen, zodat gelijktijdig drie drukmetingen over een traject van 10 cm worden verricht. Zo kunnen we niet alleen de snelheid van voortplanting van de drukgolf berekenen, maar ook de contractiele eigenschappen van de wand van de slokdarm op verschillende plaatsen met elkaar vergelijken.

Normaal verslapt de cardia als een bolus nadert. Als dit mechanisme verstoord is spreken we van *achalasie* (Grieks: chalasis = verslapping). De bolus wordt dan gestopt en kan als het ware worden teruggekaatst; de peristaltische golf verloopt dan van beneden naar boven, maar strekt zich meestal niet uit over de volle lengte van de slokdarm. Soms leidt dit ook tot een langer durende, zogenaamde spastische contractie, die over een groter traject gelijktijdig kan optreden. Ook kan de lengte van het traject van de slokdarmwand dat als sluitspier in het onderste gedeelte van de slokdarm fungeert, variëren van ongeveer één tot enkele centimeters. Kortom: er is meer dan één afwijking mogelijk in de afsluiting van het onderste deel van de slokdarm.

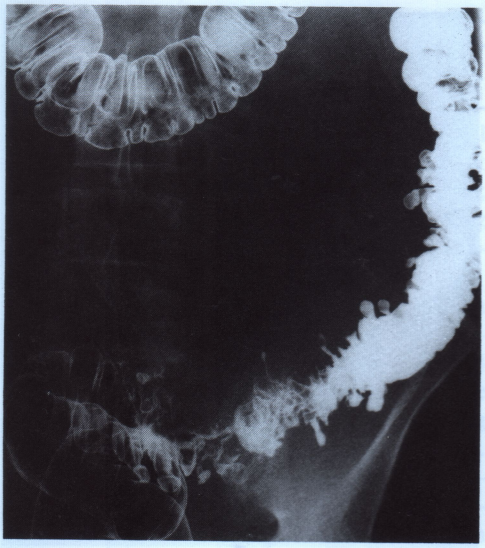
Een spastische slokdarm kan klachten veroorzaken, die veel lijken op die van angina pectoris, een benauwdheid die wordt veroorzaakt door onvoldoende functie van het hart.

4

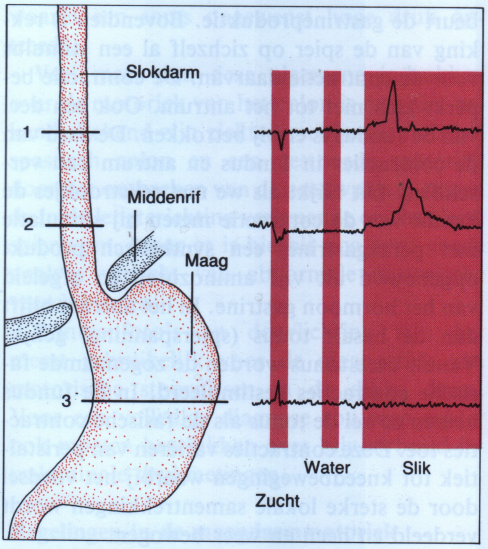
4. Op deze röntgenopname van de dikke darm is duidelijk de ligging in de buikholte te zien. Ook goed zichtbaar is het wormvormig aanhangsel van de blinde darm. Op de achtergrond zien we de wervelkolom en onder het bekken. De darminhoud kan op een röntgenfoto zichtbaar worden gemaakt door de patiënt een contrastmiddel, bijv. bariumsulfaat, toe te dienen. Met behulp van röntgenstralen kan men dan de hele motoriek goed volgen.

5. Een van de storingen die in de motoriek van de dikke darm kan optreden is het zogenaamde spastische colon. De darm gaat dan plaatselijk ongecoördineerd krampachtig samentrekken. Een röntgenfoto van een patiënt met een spastisch colon ziet er dan ook heel anders uit dan de afbeelding hiernaast.

6. Deze drukregistraties zijn gemaakt met behulp van drie katheters die enkele centimeters boven en onder het middenrif in de slokdarm, respectievelijk de maag uitkwamen. Wat opvalt is dat een slok water in de mond nauwelijks tot drukverandering leidt. Doorslikken van het water geeft echter een forse reactie. Een zucht geeft boven het middenrif een drukverlaging, eronder een drukverhoging.



5



6

Het syndroom van de spastische slokdarm werd in dit verband al in 1952 door Evans gesignaleerd. Hij vond bij 40% van de patiënten met klachten, die aan angina pectoris doen denken, maar bij wie het elektrocardiogram normaal was, een abnormale slokdarmmotoriek. Het is uiteraard van groot belang voor de patiënt deze twee ziektebeelden, die een aantal symptomen gemeen hebben, zorgvuldig van elkaar te onderscheiden.

Andere complicaties ontstaan wanneer de cardia onvoldoende afsluit, waardoor bij contractie van de maag de zure inhoud terugvloeit in de slokdarm. Dit leidt tot het bekende verschijnsel van 'zuurbranden achter het borstbeen'. De diagnose kan worden gesteld door de drukmeting te combineren met een zuurgraadmeting. Indien tevoren met een slangetje wat zuur in de maag is ingebracht, zal onder normale omstandigheden de gemeten zuurgraad bij het passeren van een pH-elektrode door de cardia steil veranderen. Sluit de cardia niet goed af dan kan het zuur wel 10 cm in de slokdarm terugvloeien.

Het is goed dat de slokdarm tegenwoordig bij de mens zo makkelijk toegankelijk is voor onderzoek, dat men zonder wezenlijk bezwaar zelfs deelname van gezonde vrijwilligers mag vragen voor het vaststellen van normale drukpatronen. Studies bij wakkere proefdieren op dit gebied zijn veelal moeilijk uitvoerbaar en slecht vergelijkbaar met onderzoek bij de mens daar de structuur van de slokdarmwand meestal sterk afwijkt van die bij de mens. Alleen de slokdarm bij de opossum – een buidelrat die in Noord- en Zuid-Amerika voorkomt – lijkt op die van de mens. Maar deze beestjes zijn niet erg bereid om een drietal catheters in te slikken en daarna rustig te blijven liggen, laat staan op verzoek een diepe zucht te slaken.

Maag

In de maag wordt de bolus gastvrij ontvangen: de cardia opent zich even voor de aankomst van de bolus en de fundus, het 'maagreservoir', ontspant zich naarmate de vullingsgraad toeneemt. Zo wordt een voorraad gemaakt, daar meestal sneller wordt gegeten dan de maag het voedsel doorgeeft. De spierwand van het antrum is dikker dan van de fundus. Men spreekt van de motor van de maag. Het voedsel wordt er intensief gekneed en gemengd met het zure, pepsinerijke maagsap. De motoriek van het antrum kan zo krachtig zijn dat gedurende korte tijd plaatselijk de bloedstroom wordt belemmerd, waardoor de spierwand dan wit ziet. Het aantal contracties van de maag varieert ongeveer van vier tot zes per minuut.

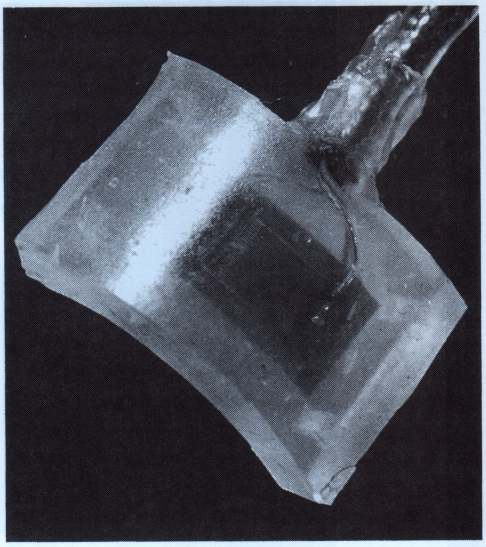
De motoriek van de maag wordt gestimuleerd door het hormoon gastrine dat in het antrumslijmvlies wordt gemaakt. Rekking van de antrumwand door voedsel stimuleert op haar

beurt de gastrineproduktie. Bovendien is rekking van de spier op zichzelf al een stimulus voor de contractie daarvan. De contractie beperkt zich niet tot het antrum. Ook een deel van de fundus is er bij betrokken. De aard van de contracties in fundus en antrum kan verschillen. Dit blijkt als we met rekstrookjes de kracht van de contractie meten bij stimulatie met pentagastrine, een synthetisch produkt opgebouwd uit vijf aminozuren en afgeleid van het hormoon gastrine. In het antrum blijft dan de basale tonus (spierspanning) gelijk. Vanuit deze tonus worden de zogenaamde fasische contracties gestimuleerd. In de fundus nemen zowel de tonus als de fasische contracties toe. Deze contracties variëren van peristaltiek tot kneedbewegingen waarbij het voedsel door de sterke lokale samentrekkingen wordt verdeeld en heen en weer bewogen.

Het is opvallend hoe weinig van de activerende stof nodig is om de motoriek te stimuleren. Het maximale effect wordt bereikt met een intraveneuze injectie van 1 $\mu g \cdot kg^{-1}$. De maag ontvangt minder dan 5% van het bloed dat door het lichaam stroomt, waardoor slechts dit percentage van de dosis effect op de maagmotoriek kan hebben. Voor iemand van 70 kg wordt dit dus bij benadering 5% van 70 μg = 3,5 μg. Het effect begint overigens al bij ongeveer een tiende van deze dosis.

De functie van het hormoon gastrine beperkt zich niet tot de motoriek. Dezelfde doses stimuleren ook de zoutzuursecretie in de cellen van het slijmvlies van de fundus. De chemische structuur van gastrine lijkt veel op die van cholecystokinine (CCK). CCK is het hormoon dat de enzymsecretie door het pancreas stimuleert. Het wordt in het slijmvlies van het duodenum geproduceerd. CCK laat ook de maagmotoriek toenemen en omgekeerd kan gastrine ook de enzymsecretie van het pancreas stimuleren. Maar hierbij kunnen de benodigde doseringsniveau's wel verschillen. Wat de motoriek betreft zijn er echter principiële verschillen. CCK stimuleert de motoriek van het duodenum; pentagastrine doet dit niet. CCK laat de galblaas contraheren, gastrine doet dit niet.

Met deze constatering verlaten we de maag. Bij de passage van antrum naar duodenum passeren we weer een sluitspier, de pylorus. De frequentie van de contracties neemt dan sterk toe: van ongeveer 5 per minuut in het antrum tot ongeveer 18 per minuut in het duodenum.



7

Dunne darm

Al in 1911 beschreef Cannon de kneedbewegingen in de dunne darm. In de jaren zeventig ontdekte Code dat de dunne darm een periodieke elektrische activiteit vertoont met een cyclus van 90-100 minuten. Deze elektrische activiteit ging gepaard met motoriek. Enkele jaren nadien toonde Vantrappen aan dat bij deze verschijnselen de dunne darm ook functioneel (secretoir) actief was. En in 1984 lieten Fioramonti en Bueno zien dat tijdens dit complexe proces de bloedstroom sterk toenam, met name als de darm gevuld was met voedsel. Indien de darminhoud via een opening in de darm kon ontsnappen, bleef in het verderop gelegen deel van de darm de toename van de bloedstroom uit. Maar de periodieke elektrische activiteit blijft ook daar doorgaan.

Inmiddels is gebleken dat gal en voedingscomponenten de elektrische activiteit, motoriek en bloedstroomverandering kunnen beïnvloeden. Maar ook bleek dat de beïnvloeding voor het verderop gelegen jejunum en voor het ileum wezenlijk verschilde. Veel details zijn hierover nog niet bekend. Het staat echter vast dat hier een nieuw en voor de pathofysiologie belangrijk onderzoekgebied is opengelegd.

Dikke darm

Aan het colon kunnen drie hoofdfuncties worden onderscheiden: opname van water en elek-

trolyten, huisvesting van een grote bacterieflora, die een aantal stoffen produceert die voor ons van vitaal belang zijn en bescherming tegen het maken van een reukspoor. De ontlasting (faeces) wordt slechts één- of tweemaal per etmaal geloosd. Voor de mens heeft dit misschien overwegend een sociaal voordeel; voor dieren kan het echter van vitaal belang zijn geen continu reukspoor van faecaliën achter te laten.

Vooral het tweede en derde aspect zijn van belang voor de motorische functies van het colon. Het ophouden van faeces gedurende 12-24 uur impliceert dat het colon een flink volume moet kunnen huisvesten, en dat de uitgang wordt afgesloten door een krachtige sluitspier. Dit relatief grote en langdurig aanwezige volume is uiteraard gunstig voor de intensieve ontwikkeling van de bacterieflora. In het colon vindt een goede menging van de faeces plaats, zodat de bacteriën steeds in contact komen met nieuwe voeding. Anderzijds bereiken de voor ons nuttige stofwisselingsprodukten van deze bacteriën zo beter de darmwand, waardoorheen zij zich via de bloedbaan in ons lichaam kunnen verspreiden.

Voor een goede menging ontstaat halverwege het colon een antiperistaltiek in de richting van het coecum met een frequentie van drie tot zes contracties per minuut. De contracties kunnen zo sterk zijn dat kleine, aan weerszijden afgesloten, compartimenten ontstaan waarin een soms ongewenst hoge druk optreedt.

Veel meer dan deze algemene indrukken over de motoriek van het colon is nog niet bekend. Bekend zijn ziekteverschijnselen als het spastisch colon en een gestoorde motoriek door het ontbreken van de zenuwplexus tussen de in de lengterichting verlopende en circulaire spierlagen. Maar er is hierbij nog geen goede analyse verricht van abnormale motorische verschijnselen.

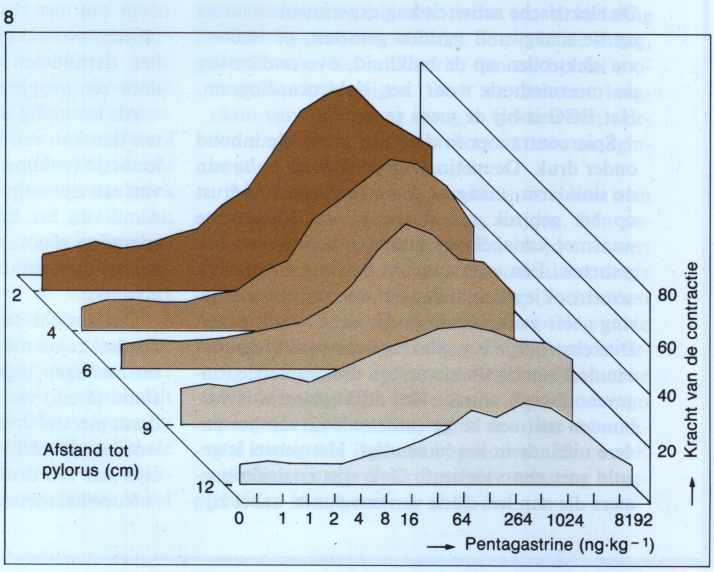
Röntgenfoto's en doorlichting zijn het meest gebruikelijk voor de diagnostiek van motorische stoornissen in de dikke darm. Voor een volledige diagnose zou men echter ook moeten beschikken over bijvoorbeeld intraluminale drukmetingen.

Regelingen in de maagdarmmotoriek

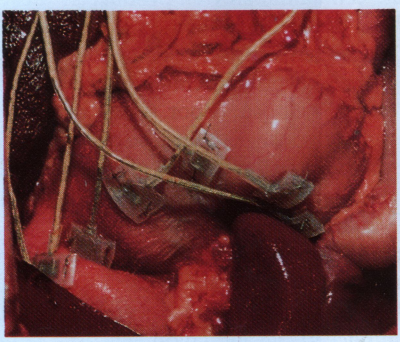
Een deel van het centrale zenuwstelsel, het zogenaamde autonome zenuwstelsel, beïnvloedt de motoriek van het maagdarmkanaal. Het autonome zenuwstelsel onderscheidt zich hierin dat het niet door ons bewust kan worden beïnvloed. Het functioneert los van onze wil. Men onderscheidt het sympathische deel en het parasympathische deel. Het eerste verlaat het ruggemerg ten hoogte van de borstwervels. Het laatste is van twee plaatsen afkomstig: enkele zenuwen ontspringen uit de hersenstam en bereiken door het hals-, borst- en buikgebied

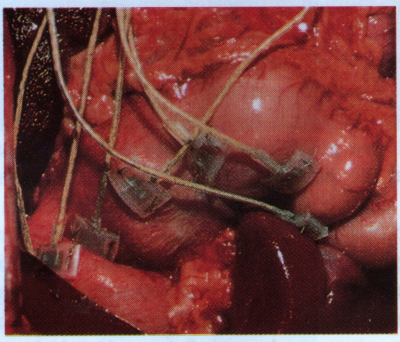
7. Rekstroken van dit type kunnen worden gebruikt om van buitenaf drukveranderingen in het maagdarmkanaal te meten. Ze worden er met twee hechtingen op vastgemaakt. Wanneer ze opgerekt worden verandert hun elektrische weerstand. De weerstandsverandering is een maat voor op de strook uitgeoefende kracht.

8. Met dergelijke rekstrookjes is het effect van verschillende doses pentagastrine op de maag gemeten. Horizontaal zijn de toegediende doses uitgezet en verticaal de gemeten krachten. Deze zijn gemeten op diverse afstanden van de pylorus. Kort daarvoor, in het antrum, is het effect het grootst.



Meetmethoden





Wanneer we de transportmechanismen in het maagdarmkanaal willen bestuderen staan ons diverse methoden ter beschikking. Sommige daarvan zijn alleen bruikbaar bij onderzoek aan de mens en bijvoorbeeld niet bij proefdieren of andersom. In het algemeen zijn bij de mens alleen methoden bruikbaar die *non-invasief* zijn: waarbij geen operatieve ingreep nodig is. Omgekeerd heeft het bijvoorbeeld weinig zin bij een rat die niet onder narcose is, via de mondholte een dunne catheter in de slokdarm te brengen om druk te meten. De rat zal de catheter snel doorbijten. Inbrengen via de neusopening, zoals bij de mens wordt gedaan, is praktisch niet uitvoerbaar. Bovendien zou het dier er veel te onrustig door worden. Kortom: de te gebruiken meetmethode moet zorgvuldig worden gekozen.

Een voor de hand liggende methode is het gebruik van *röntgenstraling*. Atomen met een hoog atoomnummer houden röntgenstralen goed tegen. Zo kunnen we nadat een proefpersoon of een patiënt een slok heeft genomen van een suspensie van bariumsulfaat ($BaSO_4$), de motoriek van het darmkanaal op röntgenbeelden vastleggen. Foto's geven slechts een statisch beeld van dit dynamische gebeuren. Is een dynamisch beeld gewenst dan kunnen we gebruik maken van film of video.

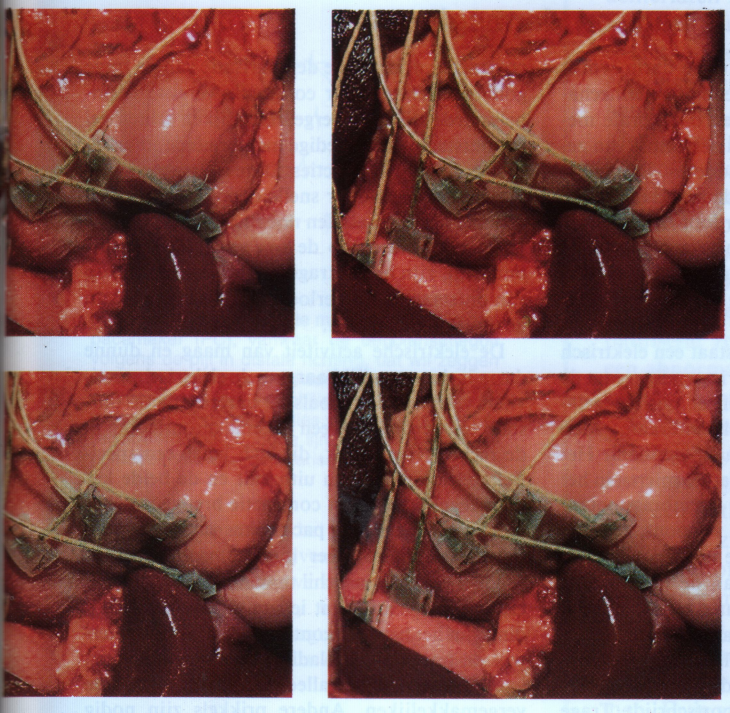
De spiercontracties van maag en darm gaan gepaard met elektrische verschijnselen. Deze kunnen gemeten worden en geven inzicht in de intensiteit van de contracties. Voor de maag spreken we over een *elektrogastrogram* (EGG). De elektrische activiteit kan experimenteel direct op de maagwand worden gemeten, of indirect via elektroden op de buikhuid, overeenkomstig de meetmethode voor het elektrocardiogram. Het EGG is bij de mens te meten.

Spiercontracties in de darm zetten de inhoud onder druk. De meting van druk *in de holte* van de slokdarm, maag of darm (het lumen) berust op het gebruik van de brug van Wheatstone waarmee variabele weerstanden kunnen worden gemeten. Eén weerstand in de brug bestaat uit een strookje silicium dat een weerstandsverandering geeft wanneer het onder druk wordt gezet. Dit rekstrookje is geplakt op een membraan dat een deel van de wand van een drukkamertje (ongeveer 1 cm^3) vormt. Het drukkamertje is verbonden met een lange catheter waarvan het andere uiteinde in het lumen ligt. Het geheel is gevuld met een vloeistof. Ook zijn er drukopnemers die aan het einde van een dunne kabel zijn bevestigd. De meting vindt dan dus direct in het lumen plaats. Net als bij de meting van de bloeddruk is het bij de intraluminale drukmeting niet essentieel of de sensor in het lumen zelf ligt of dat de druk op de sensor wordt overgebracht door een met vloeistof gevulde catheter. Alleen moeten we in het laatste geval oppassen dat de in het darmlumen gelegen catheteropening niet door een propje slijm wordt verstopt.

Als het nodig is de druk in een sluitspier te meten dan kan een klein met vloeistof gevuld ballonnetje (volume ongeveer 1 cm^3) aan het einde van een open-tip catheter worden bevestigd. De wand van het ballonnetje mag zelf niet onder spanning staan, daar dan het niveau van deze spanning en niet die van de sluitspier wordt geregistreerd.

Om inzicht te krijgen in het transport van voedsel in het maagdarmkanaal worden een aantal metingen tegelijk verricht op een vaste afstand (5 cm) van elkaar. Zo worden in de slokdarm meestal drie metingen verricht. Via de neus worden de catheters ingebracht die verbonden zijn met een drukopnemer.

Voor het meten van de kracht van de spiercon-



I. Deze foto's tonen een aantal beelden uit een film die is gemaakt van de motoriek van de maag van een hond. Ze geven een duidelijk beeld van de manier waarop een contractiegolf zich over de maagwand verplaatst. Op diverse plaatsen zijn rekstrookjes aangebracht om de kracht van de contractie te kunnen meten.

tracties in de darmen wordt een in een isolerende laag (silastic) ingebed rekstrookje met twee hechtingen in de richting van de lengtespieren of van de circulaire spieren buiten op de darmwand bevestigd. Ook dit rekstrookje is tegelijkertijd als drukgevoelige weerstand in een brug van Wheatstone geschakeld. Zo kan een onderscheid worden gemaakt tussen de activiteit van de lengtespieren en van de circulaire spieren. Men heeft ook geprobeerd isotonisch contracties te meten. Dit houdt in dat de spier vrijwel ongehinderd kan samentrekken, waarbij de verkorting van de spier wordt geregistreerd. Deze laatste techniek is tot heden nog niet bevredigend gelukt. Dat komt vooral doordat er, bij chronische implantatie van het meetinstrument, een bindweefsellaag omheen groeit, waardoor de verandering van spierlengte wordt belemmerd.

De afsluitende eigenschappen van de sluitspier tussen slokdarm en maag (cardia) moeten soms met grote nauwkeurigheid worden bepaald. Dit kan het geval zijn om bij patiënten te meten in hoeverre en waarom de zure maaginhoud in de slokdarm terugvloeit. Daartoe wordt een druk-catheter gecombineerd met een dunne kabel Aan het eind van de kabel is een pH-elektrode gemonteerd om de zuurgraad te meten. De plaats van de cathetertip ten opzichte van het middenrif wordt met de drukmeting vastgesteld. Zolang de tip in de slokdarm ligt, dus in de borstholte, zou bij een zucht een drukdaling worden geconstateerd. Ligt de tip in de maag, dus beneden het middenrif, dan zal op dat moment de druk stijgen. Door de catheters langzaam vanuit de maag terug te trekken kan worden vastgesteld, en zo ja hoever, zure maaginhoud in de slokdarm terugvloeit.

Met behulp van een *gammacamera* kan men een beeld van de maagvulling krijgen. Een patiënt eet daarvoor een proefmaaltijd met een kleine hoeveelheid radioactief technetium, dat is gebonden aan een ijzerverbinding. Technetium geeft gammastraling. Zo wordt een beeld van de maagvulling verkregen. Herhalingen van de meting na bekende tijdsintervallen laten zien hoe snel de maag zijn inhoud aan het duodenum doorgeeft. Technetium wordt door het darmkanaal niet in het lichaam opgenomen. Het wordt volledig en onveranderd met de ontlasting uitgescheiden in ongeveer 2 × 24 uur.

INTERMEZZO II

Autoregulatie van maag- en darmspieren

De motoriek van maag en dunne darm wordt enerzijds geregeld door myogene of spiermechanismen en anderzijds door neurohumorale mechanismen die werken door tussenkomst van zenuwelementen of bloedbestanddelen. De gladde spieren van maag en dunne darm bezitten zeer speciale eigenschappen, waardoor zij in staat zijn te bepalen waar en wanneer een contractie van de gespierde maag- of darmwand kan ontstaan en in welke richting deze contractie zich zal voortbewegen.

In iedere gladde spiercel bestaat een elektrisch potentiaalverschil tussen het inwendige van de cel, dat negatief geladen is, en de positief geladen buitenkant van de celmembraan. Men spreekt hier van een membraanpotentiaal. Het kenmerkende van de meeste gladde spieren in het maagdarmstelsel is dat deze membraanpotentiaal cyclische schommelingen vertoont, die men de 'trage golven' noemt. Deze trage golven ontstaan in het bovenste deel van de maag en de dunne darm en planten zich van daaruit naar onder toe voort met een welbepaalde snelheid. Op die manier ontstaat een depolarisatiegolf die in normale omstandigheden steeds van boven (proximaal) naar onder (distaal) voortschrijdt. Trage golven zijn continu, dag en nacht aanwezig. Op zichzelf veroorzaken zij geen noemenswaardige contractie, doordat de depolarisatie van de trage golf beneden de voor contractie vereiste drempelwaarde blijft. Ze vergemakkelijken echter wel het ontstaan van volledige membraandepolarisaties en dus van contracties. Deze contracties worden veroorzaakt door snelle depolarisatiepieken die men actiepotentialen noemt. Daar deze actiepotentialen steeds op de top van de trage golf ontstaan, zijn het de trage golven die het tijdstip van ontstaan en het verloop in tijd en ruimte van de contractie bepalen.

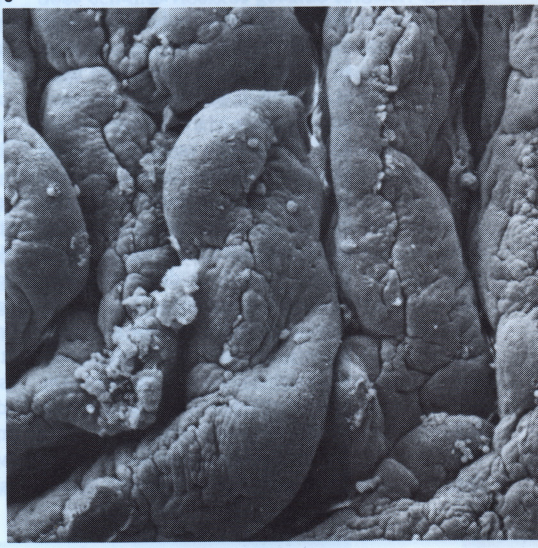
De elektrische activiteit van maag en dunne darm is dus vergelijkbaar met de elektrische activiteit van het hart. Zoals de hartcontractie ontstaat ten gevolge van een pacemakerontlading in de rechter voorkamer, die zich langs een specifiek geleidingssysteem uitbreidt en de beide kamers tegelijkertijd tot contractie brengt, zo is er ook in de maag een pacemaker die regelmatig signalen naar de meer distale maagdelen uitzendt. Het grote verschil tussen hart en maag op elektrisch niveau is dat iedere pacemaker ontlading van het hart een contractie veroorzaakt, terwijl de pacemakerontladingen van de maag (en van de dunne darm) alleen maar een contractie vergemakkelijken. Andere prikkels zijn nodig om deze contracties inderdaad te doen ontstaan.

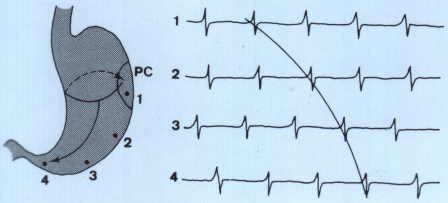
Het hoeft dan ook geen verwondering te wek-

diverse orgaansystemen, de overige parasympathische zenuwen verlaten het ruggemerg ter hoogte van het heiligbeen.

De algemene activiteit van het sympathische zenuwstelsel ligt besloten in het antwoord op de vraag: 'Wat gebeurt er wanneer je een tijger tegenkomt tijdens een boswandeling?' Dan vind je jezelf (hopelijk) terug op een grote boomtak, zwetend, hijgend, met grote ogen en van de schrik heb je het in je broek gedaan. De fysiologische vertaling hiervan: grote inspanningen van de skeletspieren veroorzaken veel warmte-ontwikkeling en daardoor zweten. Voor deze inspanning is meer zuurstof nodig: dus verwijding van de luchtwegen en diep ademen. Je moet goed kunnen zien, dus wijde pupillen krijgen. Het geheel is toegespitst op alertheid en een snelle vluchtreactie. Hoe daarin de verslapping van de sluitspieren voor ont-

9





II. De trage golven van de maag ontstaan in een pacemaker (PC), vanwaar de depolarisatiegolf volgens de pijl in distale richting, dat wil zeggen richting dunne darm, beweegt. Met behulp van elektroden op vier verschillende plaatsen op de maag zijn de depolarisaties van de trage golf geregistreerd. De gebogen lijn verbindt de vier registraties van één depolarisatiegolf.

ken dat stoornissen in het ontstaan en de geleiding van de trage golven de werking van de maag grondig kunnen verstoren. Hierbij ontstaan braakneigingen, braken en andere stoornissen in de maagontlediging die samengevat worden onder de algemene benaming dyspepsie.

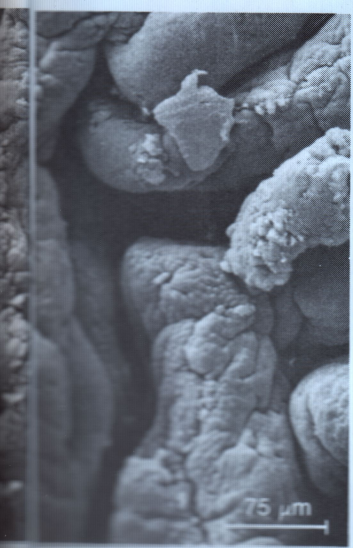
Prof dr G. Vantrappen
Universitaire Ziekenhuizen, Leuven

lasting en urine past is niet zo duidelijk. Het achterlaten van een geurspoor lijkt in dit concrete geval niet adequaat.

Het parasympathische zenuwstelsel heeft een ongeveer tegengestelde functie. Men neemt aan dat het de maagdarmmotoriek stimuleert. Men spreekt wel van een 'permissive action'. Daarmee wordt bedoeld dat een prikkel (bijvoorbeeld gastrine) die op zich te gering is om effect te hebben, dank zij een toegenomen parasympathische activiteit wel effect sorteert (de motoriek stimuleert). Er zijn onderzoekers die aannemen dat activiteit van het parasympathische zenuwstelsel (mede) aanleiding tot een abnormale motoriek kan geven. Harde gegevens ontbreken echter.

Er is een enkel hormoon (Vasoactive Intestinal Peptide, oftewel VIP) dat, in overmaat in een tumor gemaakt, bij de mens diarree, dus ook een pathologische motoriek, kan veroorzaken. Er zijn nog enkele andere hormonen die de motoriek van het maagdarmkanaal onder experimentele omstandigheden kunnen beïnvloeden. Maar hun eventuele betekenis voor de geneeskunde kennen we nog niet.

Zo zijn we aan het einde van de reis gekomen. Er is geen tragiek zoals bij het einde van het citaat uit het korte verhaal van Midas Dekkers. Er is wel enige overeenkomst: ook het afval dat onze darmen verlaat dient als voedsel voor de wormen.



9. Een scanning elektronenmicroscopische opname van de binnenzijde van de dunne darm laat zien dat deze bezet is met tal van darmvlokken. Deze dienen om het oppervlak waarover voedingsstoffen opgenomen kunnen worden te vergroten.

Literatuur

Dekkers Midas. De baviaan en andere beesten. Amsterdam: Bert Bakker, 1980.
Schuurkes JAJ. Motility and haemodynamics of the canine gastrointestinal tract. Utrecht: proefschrift Rijksuniversiteit, 1978.

Bronvermelding illustraties

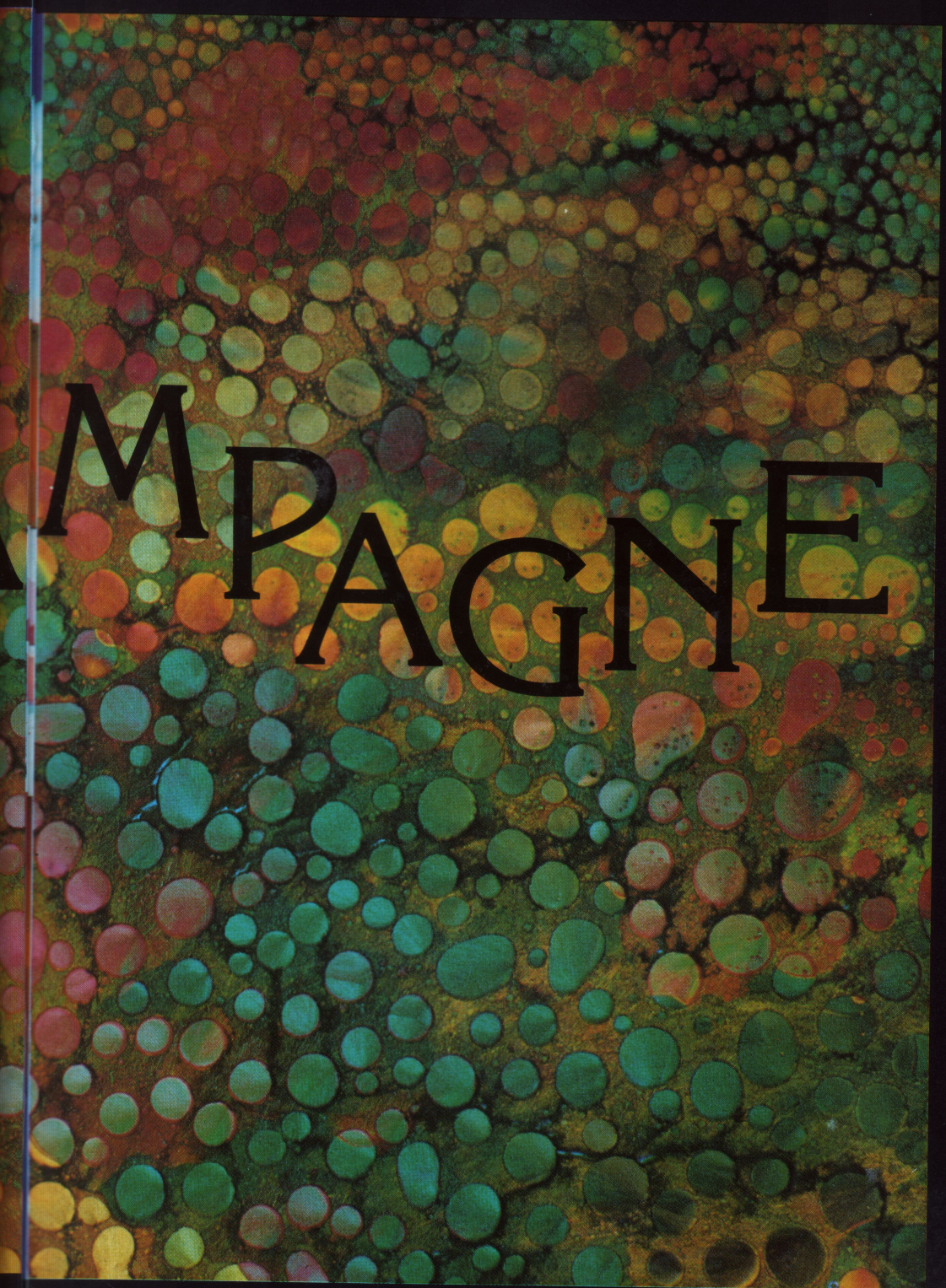
Lars Becht, Deurne: opening.
Onderwijs Media Instituut. RU Utrecht: 1, 3, 7, I.
CNRI, Parijs: 4.
Afd. röntgendiagnostiek, Academisch Ziekenhuis Maastricht: 5.
Uit: Kessel RG, Kardon RH, Cellen, weefsels en organen. Maastricht: Centrale Uitgeverij, 1983: 9.

EURO
ARTIKEL

Bruno Duteurtre
Moët et Chandon
Epernay, Frankrijk

Oenologische knallen

'Goede wijn behoeft geen krans', zegt het spreekwoord, en dat geldt zeker voor champagne. In 1985 werden er over de hele wereld bijna 200 miljoen flessen van verkocht. Het is traditie om vooral rond Kerstmis en de jaarwisseling de champagne rijkelijk te laten vloeien. De bereiding van champagne is eveneens een traditie, in ere gehouden door de wijnboeren in de Champagne. De omzetting van druivesap in de zo sprankelende wijn berust op zeer precieze regels, die in de loop der tijden geleidelijk vaste vorm hebben gekregen. Niettegenstaande het traditionele karakter van het produkt, is champagne op het ogenblik het onderwerp van intensief wetenschappelijk onderzoek. Een betere beheersing van de gistingsprocessen, de reageerbuiscultuur van jonge wijnstokken en een nieuw procédé ter vermijding van het eentonige draaien van de flessen, zijn enkele van de nieuwe wegen die door de onderzoekers worden verkend. De vraag is alleen hoe traditie en moderne technieken met elkaar kunnen worden verzoend om de wijn zijn kwaliteit ten volle te laten behouden.


MPAGNE

De wijnstok kan in Champagne bogen op een lange geschiedenis. Van wijnbouw daar wordt voor het eerst melding gemaakt in de Romeinse tijd: blijkens sommige geschriften waren de wijnen van Ay, een plaatsje onder de rook van Epernay, toen al vermaard. Echte wijngaarden ontstonden in de Champagne overigens pas in de zesde eeuw.

Sinds de Karolingische renaissance is de ontwikkeling van de wijnbouw ten nauwste verweven met het leven van de kloosterorden, die de eerste wijnbereidingsvoorschriften hebben opgesteld. In de 13e eeuw duikt het begrip *druiveras* op. In de 16e eeuw zijn de champagnewijnen nog steeds maar matig bekend. Het feit dat de Franse koningen, zoals Frans II in 1559 en Hendrik III in 1575, in die tijd in Reims werden gekroond, heeft in hoge mate bijgedragen tot de grotere bekendheid van deze wijnen. Wijn is in die tijd nog steeds een luxeprodukt, de gewone drank is *cervoise,* een soort gerstebier.

Tot het eind van de 17e eeuw werd de wijn in fusten vervoerd, daarna komt het gebruik van flessen in zwang. Ze werden afgesloten met een houten plug, ingevet met talk en door een touwtje op zijn plaats gehouden. Vanaf 1685 gebruikt men ook kurken. In de 18e eeuw ontwikkelt zich geleidelijk aan een techniek die karakteristiek is voor de Champagnestreek, namelijk de bereiding van witte wijn uit blauwe druiven. Tot die tijd bestonden er ook rode champagnewijnen die echter maar moeilijk konden concurreren met de rode wijnen van met name het aangrenzende Bourgogne. De wijnboeren in de Champagne wisten te voorkomen dat het druivesap kleurt, door het niet in contact te laten komen met de blauwe druiveschillen. De druiven werden niet langer gekneusd – een bewerking die normaal aan de persing voorafgaat en men liet de *maceratie,* waarbij het sap gedurende een bepaalde tijd in contact blijft met de vaste bestanddelen van de druif, achterwege. Ten einde de kwaliteit van de wijn te verbeteren, werden de wingerdranken op een speciale manier gesnoeid. Ook ontdekten de wijnboeren dat de uit het laatste sap bereide wijn slechter van kwaliteit was en sterker was gekleurd. Vandaar dat zij ertoe overgingen de verschillende fracties in de loop van de persing te scheiden: het eerste sap, *cuvée* ge-

2

1. Belangrijk onderdeel bij de champagnebereiding is de rijping op de fles, waarbij de wijn langdurig in contact is met het gistbezinksel. Dat bestaat uit afgestorven gistcellen die langzaam maar zeker uiteenvallen en zo belangrijk bijdragen aan de typische champagnesmaak. Tijdens deze rijping ontwikkelt zich ook het kooldioxydegas dat de wijn zijn bruisende karakter geeft. Aan het eind van de rijping op de fles moet het gistbezinksel behoedzaam naar de flessehals worden verplaatst. Dit gebeurt door de flessen dagelijks iets schuiner met de hals naar beneden te zetten en ze een kwartslag te draaien.

2. De champagnestreek in kleur aangegeven op de kaart van Frankrijk. De loop van de Marne en de belangrijke 'champagnesteden' Reims en Epernay zijn aangegeven.

naamd, levert de beste wijnen op, terwijl de latere fracties, achtereenvolgens tweede (*première taille*), derde (*deuxième taille*) en laatste persing (*rebêche*) genaamd, wijnen van steeds mindere kwaliteit geven. Aan het eind van de 17e eeuw komt het gebruik in zwang om druiven van verschillende rassen en wijngaarden samen te voegen tot een evenwichtige combinatie van hun goede en minder goede eigenschappen, met het doel wijnen van een betere en constantere kwaliteit te produceren.

De eigenlijke *méthode champenoise* is geleidelijk aan ontstaan. Op de kentering van de 17e en 18e eeuw verschijnen in Champagne de eerste mousserende wijnen. Waarschijnlijk ontstonden ze op geheel natuurlijke wijze toen men de wijn ging bottelen. Als gevolg van de noordelijke ligging van Champagne, waardoor de druiven niet tot volle rijpheid komen en strenge winters regel zijn, was het gistingsproces dat zorgt voor de omzetting van het druivesap in wijn, nog niet voltooid voor de eerste kou inviel. In het voorjaar, als het weer warmer werd, begon de gisting opnieuw, zodat zich in de fles koolzuur vormde. Toen zij dit eenmaal hadden ontdekt, legden de wijnboeren in Champagne zich erop toe een gelijkmatige koolzuurvorming te verkrijgen. In 1837 publiceert ene François, apotheker te Châlons-sur-Marne, een boekje waarin hij het verband legt tussen de bij de botteling aan de wijn toegevoegde hoeveelheid suiker en de druk die later in de fles ontstaat. Deze ontdekking was van doorslaggevende betekenis, want het percentage gesprongen flessen lag in die tijd rond de 20%. Iets later ontdekte men dat de omzetting van druiven in wijn toegeschreven moet worden aan een 'ferment', in het vervolg 'gist' genoemd. Doch pas aan het einde van de 19e eeuw, met name dank zij het onderzoek van Pasteur, groeit het inzicht in de precieze rol van gisten in het hele proces.

De gisten vormen na afloop van de gisting op fles een depot, dat verwijderd moet worden. Tot aan het begin van de 19e eeuw gebeurde dit door de wijn over te brengen in een andere fles. Daarna komt de *remuage* in zwang, waarbij de flessen met de hals naar beneden liggen en dagelijks worden gedraaid om het bezinksel in de hals van de fles te verzamelen. Zeer snel komen dan speciale houten stellages, *pupitres* genaamd, in gebruik, die elk 120 flessen kunnen dragen en het draaien van de flessen vergemakkelijken. Het *degorgeren,* waarbij het depot uit de hals verwijderd wordt, geschiedde jarenlang door de fles met de hals naar beneden te ontkurken zodat de prop bezinksel naar buiten vliegt. Vanaf het eind van de 19e eeuw doopt men de hals van de fles enkele minuten in een bak pekel van −25°C om het depot te bevriezen. Dit ijsklompje vliegt na het verwijderen van de kurk uit de flessehals, waarbij de fles iets omhoog wordt gehouden om zo min mogelijk wijn te verspillen. Bij de kleine producenten is deze techniek pas zo'n dertig jaar geleden verlaten.

1

Wijnstokken uit een reageerbuis

De kwaliteit van een wijn hangt niet alleen van het gistingsproces af. De grond waarop de wijnstok groeit en de teeltmethoden zijn twee andere belangrijke factoren.

In het geval van de champagne hebben de geselecteerde druiverassen, het voor druiventeelt moeilijke klimaat en de kalkrijke bodem grote invloed op de smaakeigenschappen. De wijngaarden van de Champagne liggen in het oostelijk deel van het bekken van Parijs, halverwege hellingen op een hoogte van 150 tot 200 m. De ondergrond van de bodem bestaat

3

3. De *pinot noir* is één van de drie druiverassen die is toegestaan om champagne van te maken. Het ras levert blauwe druiven, evenals de *pinot meunier* die wat beter bestand is tegen de vorst aan de grond die in het vroege voorjaar dikwijls schade aanricht in de voor wijnbouw noordelijk gelegen Champagnestreek. Het ene witte-druiveras dat gebruikt wordt is de *chardonnay*.

4. De wijngaarden in de Champagne liggen op kalkrijke hellingen, vooral ten zuiden van Reims, in een nauwkeurig afgeperkt gebied langs de Marne.

5. De achtereenvolgende stappen in de champagnebereiding schematisch weergegeven. Het hele proces wordt in de tekst besproken.

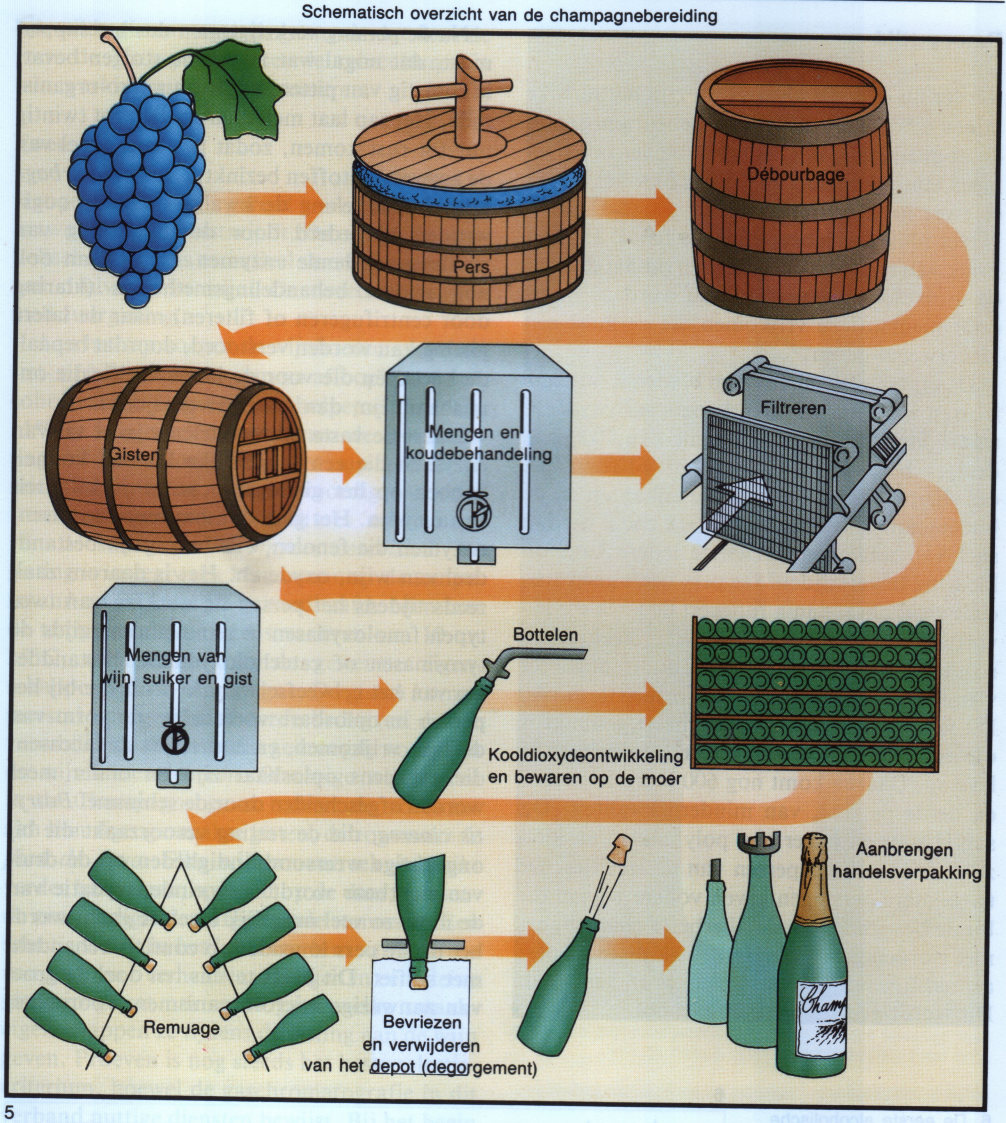
4

uit een dikke krijtlaag uit het Boven Krijt. Deze laag heeft een goede bufferende werking op het vochtgehalte van de grond.

Het druiveras is uiteraard voor een groot deel bepalend voor het soort wijn dat wordt geproduceerd, maar de invloed van de wijnbouwer op de kwaliteit moet niet worden onderschat. Hij dient zich namelijk aan een aantal vaak dwingende voorschriften te houden om het beste uit het druiveras te halen. Het betreft hier met name de plantdichtheid, die ten dele bepalend is voor de sterkte van de wijnstokken, de ligging van de wijngaarden en de wijze van snoeien en opbinden. Wat komt er op dat gebied zoal bij de druiventeelt kijken?

In de late herfst worden de wijnstokken met aarde bedekt; dit aanaarden moet de planten tegen vorst beschermen. In deze periode wordt tevens de grond verbeterd met verschillende meststoffen en compost, en krijgt de wijnstok een eerste snoeibeurt, waarbij overtollige gesteltakken en ranken worden verwijderd. In februari of maart, vindt de eigenlijke snoei

Schematisch overzicht van de champagnebereiding



5

plaats. Deze verschilt naargelang druiveras en wijngaard. Een deel van de ranken wordt weggenomen met het doel de produktie te beperken ten einde een gemiddelde opbrengst veilig te stellen. De snoeivormen zijn volledig gereglementeerd door het Institut National des Appellations d'Orgine des Vins et Eaux-de-vie, dat precies bepaalt hoeveel gesteltakken en knoppen mogen blijven zitten.

De bloei vindt meestal plaats in de tweede helft van juni. Dan is warm, zonnig weer vereist. Vanaf juni worden de ranken opgebonden en worden de eindknoppen weggenomen om ervoor te zorgen dat de druiventrossen zo veel mogelijk zonlicht opvangen en in hun ontwikkeling niet worden geremd door de groei van de plant. In deze periode ondergaat de wijnstok ook diverse behandelingen met fungiciden en insekticiden ten einde de plant te beschermen tegen verschillende parasieten, die enorme schade kunnen aanrichten. Berucht is de Amerikaanse *Phylloxeraluis,* die eind vorige eeuw bijna de Europese wijnbouw vernielde door de wortelstokken aan te vreten.

De oogsttijd

Verder nu over de wijnstok in zijn natuurlijke milieu en dan vooral over de gebeurtenissen in de oogsttijd, die in Champagne over het algemeen eind september of voorin oktober begint en twee tot drie weken duurt.

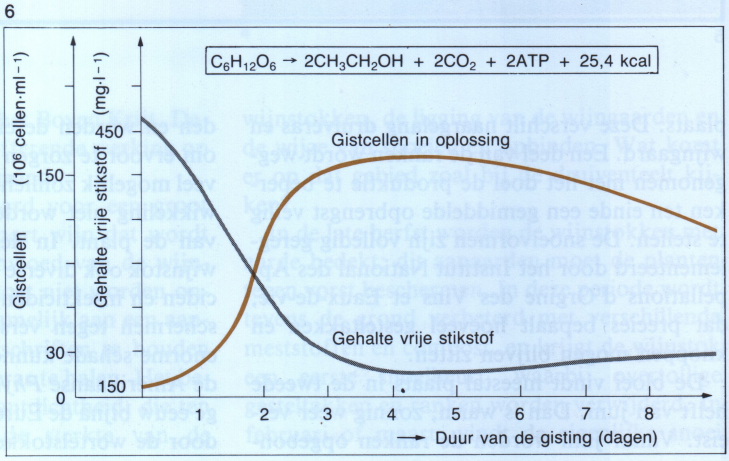
Het plukken gebeurt met de hand. Het gebruik van machines is verboden omdat daarbij de druiveschil beschadigd zou worden, waardoor kleurstoffen vrijkomen die de most een kleurzweem geven.

De afgesneden en van hun bladeren ontdane trossen worden snel naar de pers vervoerd. De traditionele pers in Champagne kan 4000 kilo druiven bevatten. Zij is vierkant of rond met een diameter van 3 meter; de zijkanten en de bodem zijn gemaakt van latwerk zodat het sap snel kan weglopen ten einde iedere kans op kleuring te vermijden. De pers heeft geen speciale zeef; als zodanig fungeert de koek die gevormd wordt door de trossen, steeltjes en schillen (afb. 5). Het persen duurt ongeveer vier uur. De eerste 2 000 liter vormen de *cuvée*. Dit is het beste sap, dat het meest geschikt is om een champagne van goede kwaliteit op te leveren. Daarna komt nog 600 liter, de tweede en derde persing, van mindere kwaliteit. Dit sap is zuur en rijker aan polyfenolen en looizuur door het meepersen van de steeltjes. De twee latere persingen geven vollere wijnen die bij de bereiding van de allerbeste champagnes niet worden gebruikt. Het ten slotte in de pers achterblijvende residu wordt *draf* genoemd. Dit wordt gedistilleerd tot alcohol.

Na de persing verkrijgt men dus het sap, of most, dat nogal wat zwevende stoffen bevat, afkomstig van pitten, aarde en micro-organismen. Het sap laat men daarom tien tot twintig uur tot rust komen, zodat het merendeel van de zwevende stoffen bezinkt. Deze *débourbage* kan al naargelang de kwaliteit van de oogst worden bevorderd door de toevoeging van pectine-ontledende enzymen. Er bestaan ook nog andere behandelingsmethoden (klaring door centrifugeren of filteren) maar de latere gisting kan worden verstoord, doordat bepaalde bacteriën die voor de latere vinificatie onmisbaar zijn, dan worden verwijderd.

Naast de vaste bestanddelen zijn er tal van enzymen die een schadelijke invloed kunnen hebben op het gistingsproces en de kwaliteit van de wijn. Het gaat dan om fenoloxydasen, enzymen die fenolen, een belangrijk bestanddeel van wijn, oxyderen. Het is daarom zaak reeds tijdens het persen de werking van twee typen fenoloxydasen te remmen: enerzijds de tyrosinasen of catecholoxydasen, bestanddelen van het celweefsel van de druif die bij het persen in oplosbare vorm of in de vorm van deeltjes vrijkomen, en anderzijds de laccasen, die eveneens oplosbaar zijn en onder meer worden afgescheiden door de schimmel *Botrytis cinerea,* die de rotting veroorzaakt die bij ongunstige weersomstandigheden op de druiven zichtbaar wordt. Ten einde oxydatie van de most zo veel mogelijk tegen te gaan, wordt het uit de pers lopende sap continu behandeld met sulfiet. Dit heeft tevens ten doel de groei van aanwezige micro-organismen, voorname-

6



6. De eerste alcoholische gisting verloopt in ongeveer een week tijd. Daarbij treden grote veranderingen op in de wijn-in-wording. Twee variabelen zijn in deze ene grafiek weergegeven. Het aantal gistcellen (in kleur weergegeven) neemt toe; de gisten gebruiken het vrije stikstof (grijs), dat in de vorm van aminozuren en ammoniakzouten aanwezig is.

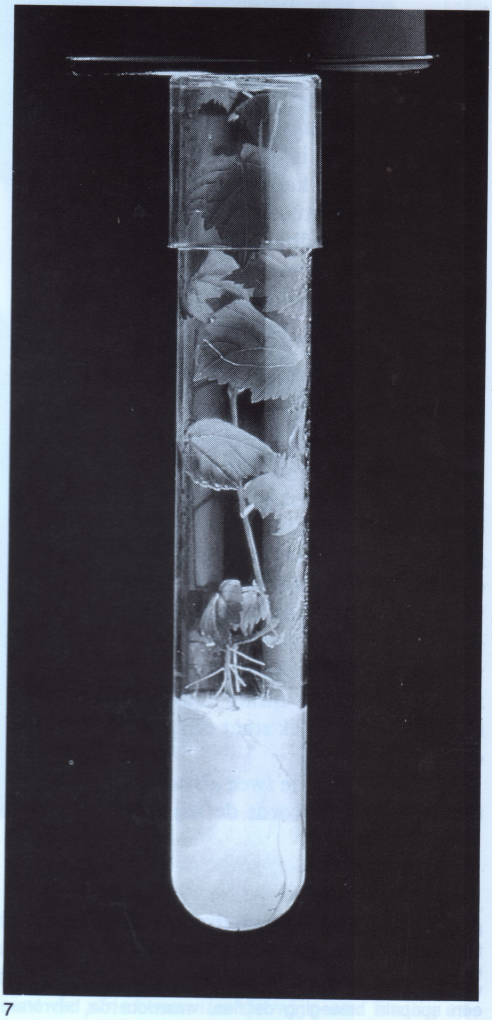
lijk wilde gisten, tegen te gaan, omdat deze de voor de gisting geselecteerde reincultures in hun werking kunnen belemmeren.

Twee gistingen

Het geklaarde sap is gereed voor de gisting die in twee stappen plaatsvindt. De eerste, de alcoholische gisting is essentieel voor de omzetting van druivesap in wijn. De tweede gisting is melkzuurgisting.

Aan het sap voegen de wijnboeren eventueel riet- of bietsuiker toe, om na afloop van de alcoholische gisting een alcoholpercentage van 11% te krijgen. Vroeger kwam de eerste gisting op gang door de in het sap aanwezige micro-organismen. Tegenwoordig worden steeds geselecteerde reincultures toegevoegd van de soort *Saccharomyces cerevisiae*. De gisting is in een week klaar wanneer de temperatuur op 20°C blijft gehandhaafd. Men laat de temperatuur overigens variëren van 10 tot 25°C, afhankelijk van de gewenste eigenschappen van de champagne. De gisten komen meestal van gespecialiseerde bedrijven die de verschillende stammen in gedroogde vorm aan de wijnboeren leveren. Sommige wijnboeren in de Champagne geven echter de voorkeur aan hun eigengemaakte gisten, de zogenaamde *pied de cuve*. Elke wijnbouwstreek gebruikt verder haar eigen, speciaal op de daar heersende omstandigheden afgestemde stammen. Een selectie wordt in het laboratorium van daartoe aangewezen overheidsinstellingen in een kleine gistkuip getest om na te gaan welke smaakeigenschappen ze tijdens de gisting aan de wijn geven. Proeven is nog steeds het beste selectiecriterium, hoewel de gaschromatografie in dit verband nuttige diensten bewijst. Bij het begin van de gisting doseert men de gist zo dat er in de 1000 tot 2000 hl grote gistingskuipen 1 tot 5 miljoen gistcellen per milliliter voorkomen. Aan het eind van de gisting, er zijn dan ongeveer 150 miljoen gistcellen per milliliter, sterven de cellen af wegens gebrek aan suikers en bezinken ze op de bodem van de gistingskuip.

Op de alcoholische gisting volgt meestal onmiddellijk de melkzuurgisting. Dan wordt het appelzuur uit de druiven omgezet in melkzuur. De wijnen worden er minder zuur en hard door. In de meeste wijnen verloopt deze gisting spontaan dank zij de melkzuurbacteriën van de soort *Leuconostoc oenos* die na af-



7

7. Een snelle vermeerdering van wijnstokken is mogelijk geworden door de introductie van *in vitro* kweektechnieken. De telers nemen dan een knopdragend stuk van de steel weg en plaatsen dat op een steriele voedingsbodem onder gecontroleerde licht- en temperatuuromstandigheden. Het nieuwe plantje dat zich dan vormt wordt opgedeeld in evenzovele delen als het knoppen vormt. Daarmee kweekt men een volgende serie plantjes. Deze handeling kan meermalen herhaald worden en zo kunnen in één jaar tijd duizenden nakomelingen uit één knop worden verkregen die allemaal identiek zijn aan de moederplant. Deze planten worden door gewenning aan de buitencondities aangepast en vervolgens op een onderstam geënt die resistent is tegen de *Phylloxera*luis, een uit Amerika afkomstige parasiet die aan het eind van de vorige eeuw bijna de Europese wijnbouw aan zijn eind hielp door de wortelstokken aan te vreten. Enting op resistente Amerikaanse onderstammen betekende toen de redding voor de wijnbouw, en tevens het begin van een zorgvuldige selectie van onderstammen en enten.

loop van de alcoholische gisting nog in de wijn aanwezig is. Bij de champagnewijnen zijn de omstandigheden echter niet gunstig voor deze bacterie; de wijn is zuur, bevat SO_2, heeft een hoog alcoholgehalte en meestal, wat nog wel het belangrijkste is, een lage temperatuur. De melkzuurgisting kan men op gang brengen door de temperatuur, ook diep in het najaar op 20°C te handhaven. Dit is echter duur. Vroeger begon de melkzuurgisting meestal pas in het voorjaar, als het weer wat warmer werd.

Wellicht kan de recombinant-DNA-techniek hier op den duur nog uitkomst brengen. Op die weg worden op het ogenblik de eerste voorzichtige stappen gedaan. In Frankrijk met name aan het Institut National d'Agronomie van Parijs-Grignon, het INRA te Montpellier en het Institut d'Oenologie in Bordeaux. Het is de bedoeling uit melkzuurbacteriën het coderende gen van het enzym te isoleren, dat verantwoordelijk is voor de melkzuurgisting, om dit vervolgens in te bouwen in *Saccharomyces*-gisten. Deze zouden dan zowel voor de melkzure, als voor de alcoholische gisting kunnen zorgen, zodat er maar één enting hoeft te worden verricht. Dit onderzoek staat echter nog in de kinderschoenen.

Na afloop van de twee gistingen, en soms al tussen beide in, wordt de wijn *overgestoken,*

8

9

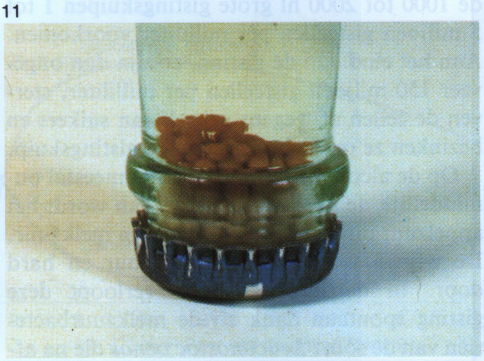
8 en 9. Nadat de kooldioxydevorming door gisting op de fles heeft plaatsgevonden en het gistbezinksel tijdens de remuage naar de flessehals is gezakt, moet dit depot verwijderd worden. Men bevriest dan het depot, opent met een soepele beweging de fles, waardoor de bevroren prop door de kooldioxyde naar buiten springt.

10 en 11. De bezinking van het depot gaat langzaam omdat het bestaat uit kleine zwevende deeltjes die uiteindelijk te zamen een vlokkige massa (10) vormen. Onderzoekers bij Moët et Chandon kunnen nu de gistcellen in bolvormige dragers verpakken die snel bezinken. Het ingewikkelde proces van de remuage kan daardoor versneld worden. Toch wordt de methode nog niet in de praktijk toegepast omdat er in vergelijking met de oude methode smaakverschillen optreden.

12. Champagneflessen tijdens de remuage in een pupitre. Duidelijk zijn slierten afgestorven gistcellen in de flessen te zien.

10

11

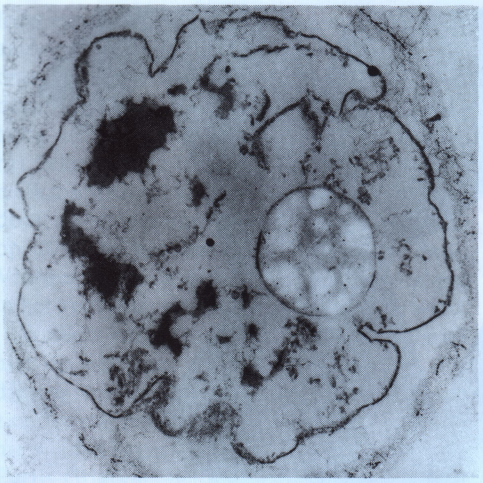


12

van het ene op het andere fust overgebracht ten einde te verhinderen dat hij in aanraking komt met het aan het eind van de gisting neergeslagen bezinksel van gisten, bacteriën, wijnsteen en andere vaste stoffen. In dit stadium wordt de wijn aan een volledige laboratoriumanalyse op het gehalte rietsuiker, alcohol, vluchtige zuren, organische zuren en SO_2 onderworpen. Met het oog op de kwaliteitsbepaling wordt van elk fust de wijn geproefd, zulks met het doel de samenstelling te bepalen van de verschillende melanges voor de bereiding van de voor elk champagnehuis karakteristieke *cuvées*. In tegenstelling namelijk tot de meeste 'grote' wijnen is champagne een mengwijn. Men probeert de eigenschappen van de verschillende druiverassen, wijngaarden en jaargangen (behalve voor *millésimés*) te combineren, waarbij men wijn achterhoudt om elk jaar opnieuw het door het champagnehuis gewenste karakter van elke cuvée terug te kunnen vinden. Zo wordt bijvoorbeeld de *chardonnay* om zijn subtiliteit en lichtheid gebruikt, geeft de *pinot noir* de wijn body en verleent de *pinot meunier* de wijn een fruitig en rond karakter.

Als het definitieve mengsel is samengesteld, moet de wijn koud stabiliseren. Hiertoe wordt de wijn op een dicht bij zijn vriespunt gelegen temperatuur gebracht (−4°C) om het kaliumwaterstoftartraat dat zich uit het wijnsteenzuur en het in de druif aanwezige kalium gevormd heeft, te laten kristalliseren. Na deze behandeling wordt de wijn over het algemeen gefiltreerd, waardoor een volkomen helder produkt verkregen wordt.

Wij zijn nu aangekomen bij het meest karakteristieke stadium in de champagnebereiding, namelijk de koolzuurontwikkeling. In feite gaat het hier om een tweede alcoholische gisting, ditmaal echter op fles. In dit stadium van het vinificatieproces bevat de wijn – zo



13

13. Bij de gisting in de fles is de champagne langdurig in contact met de afgestorven gistcellen, wat consequenties heeft voor de smaak. Hier een elektronenmicroscopische opname van een gistcel in ontleding.

die al dan niet steriel is – echter nog maar weinig micro-organismen zodat een natuurlijke gisting maar heel langzaam op gang zou komen. Daarom wordt de wijn in een kuip met een suikeroplossing vermengd en met gisten geënt.

Deze suikeroplossing, de zogenaamde *liqueur de tirage,* is een suspensie van riet- of bietsuiker in wijn van een kwaliteit die vergelijkbaar is met die van de wijn waaraan de oplossing wordt toegevoegd. Er gaat zoveel suiker bij dat er in iedere fles uiteindelijk 22 tot 25 gram terecht komt. De toegevoegde hoeveelheid suiker brengt de druk in een fles champagne op 5 tot 6 atmosfeer en verhoogt het alcoholgehalte met 1,3 à 1,5%. Ook nu worden weer geselecteerde giststammen toegevoegd, evenwel van de soort *Saccharomyces bayanus,* die beter resistent is tegen alcohol dan de bij de eerste alcoholische gisting gebruikte *Sacchraromyces cerevisiae.*

Na toevoeging van de suikeroplossing en de gisten wordt de wijn onmiddellijk gebotteld om te voorkomen dat er in de mengkuip reeds een begin van gisting optreedt. Bij de botteling kunnen aan de wijn verschillende toeslagstoffen worden toegevoegd, hetzij om de gisting op fles te stimuleren (diammoniumfosfaat, thiamine), hetzij om het voor de verwijdering van het depot noodzakelijke keren van de flessen te vergemakkelijken (eiwitlijm, bentoniet, looizuur, alginaten). Met de gisting op de fles zijn vijf tot acht weken gemoeid. De flessen worden in kelders liggend gelagerd. Na een week ongeveer is de gistpopulatie gegroeid van 1 tot 10 miljoen cellen per milliliter. Wanneer de gisting op fles afgelopen is, bezinken de gisten, die min of meer in de wijn waren blijven zweven, op de bodem van de fles.

Ook champagne wordt ouder

Een Frans gezegde wil dat wijn recht van het vat gedronken moet worden. Dat is echter niet helemaal juist, want om de naam 'champagne' te mogen voeren moeten de gewone champagnes minstens één jaar en de millésimés drie jaar op fles doorbrengen alvorens in de handel te mogen worden gebracht. Omdat de wijn daarbij aan kwaliteit wint, laat men de gewone wijnen doorgaans twee tot drie, en de speciale ten minste vijf tot zes jaar op fles rusten. Al die tijd – en dat is een van de aspecten waarin champagne zich van de meeste andere wijnen onderscheidt – blijft de wijn in contact met het gistdepot dat zich na de koolzuurontwikkeling heeft gevormd. De gisten breken zichzelf geleidelijk af onder invloed van hun eigen enzymen (*autolyse*). Daardoor vinden talrijke uitwisselingen tussen de gisten en de wijn plaats, die daardoor nog aan geur- en smaakeigenschappen wint. Naast deze biochemische veroudering vindt ook een chemische veroudering plaats, die vergelijkbaar is met die van alle wijnen – rode en witte – en waarbij een langzame oxydatie optreedt die van invloed is op de smaak en het bouquet van het produkt.

Tijdens de rijping op de moer ondergaat ook het gehalte aan vluchtige verbindingen veranderingen. De vluchtige verbindingen zijn essentieel voor de kwaliteit van de wijn. Sommige zijn specifiek voor een bepaald druiveras en blijven intact. Andere worden geproduceerd tijdens de verschillende gistingen die de wijn ondergaat. Weer andere ten slotte ontstaan tijdens het ouderingsproces; men constateert bijvoorbeeld een toename aan vluchtige verbindingen zoals methyl-2-ethoxy-furaan of dimethyl-4-5-tetrahydrofuraan-dione-2-3, die de wijn een fruitige geur of de geur van noten in de bolster geven.

Bepaalde vluchtige verbindingen kunnen

zelfs schadelijk zijn, zoals H_2S, ethylacetaat, azijnzuur, isoamylacetaat (dat de wijn een zuurtjessmaak geeft), octenol (muffe paddestoelen) en benzaldehyde (bittere amandelen). Zulke 'fabricagefouten' treden meestal op bij een gistingsproces dat niet goed in de hand is gehouden.

De remuage

Wanneer de champagne, na talloze malen te zijn geproefd, geschikt wordt bevonden om in de handel te worden gebracht, moet eerst het gist, dat zich over de hele lengte van de fles heeft afgezet, verwijderd worden ten einde een absoluut helder produkt te krijgen. Dit proces heet *remuage*. Daartoe worden de flessen gedraaid, om het depot onder in de hals te verzamelen. De flessen worden in houten stellages, de *pupitres,* geplaatst. Aanvankelijk in een iets schuine stand, maar elke dag worden de flessen een kwart of een achtste slag gedraaid, beurtelings links- en rechtsom en tegelijkertijd worden de pupitres in een steeds steilere stand gezet, zodat de flessen op het laatst bijna verticaal met de hals naar beneden staan. Zo glijdt het depot in één tot twee maanden tijd onder in de hals tegen de kurk. Het zal dus duidelijk zijn dat hierbij veel werk komt kijken en dat men over een aanzienlijke kelderruimte moet beschikken. In een poging om dit kostbare en lastige werk overbodig te maken, zijn de laatste jaren een aantal oplossingen aangedragen. Zo heeft met name het Station Oenotechnique de Champagne een door microprocessors gestuurd mechanisch systeem ontwikkeld, waarmee bij partijen van enkele honderden flessen het draaien met de hand kan worden gesimuleerd. Hoewel op steeds grotere schaal toegepast, is dit systeem nog niet ideaal.

Ongeacht de wijze waarop het depot zich in de flessenhals heeft verzameld, moet dit vervolgens worden verwijderd. Daartoe wordt de hals in een zout-oplossing van $-25°C$ gedompeld, waardoor het depot bevriest. De fles wordt dan geopend en door de inwendige druk van 5 tot 6 bar vliegt het ijspropje met bezinksel uit de hals. Onmiddellijk daarna wordt aan de champagne een dosagelikeur toegevoegd, bestaande uit een rietsuikeroplossing in oude champagnewijn en soms wat cognac. Zulks ter verhoging van de kwaliteit van de wijn, die anders gewoonlijk te droog is. Aldus verkrijgt men de verschillende smaaknuances: brut, extra-dry, sec, demi-sec en doux. De fles wordt vervolgens afgesloten met een kurk, die door middel van een draadkorfje op zijn plaats wordt gehouden. De flessen blijven nog enkele weken in de kelder voor een goede homogenisatie van de dosagelikeur, waarna ze van etiketten en capsules worden voorzien en worden verzonden. Daarmee zijn we aan het eind gekomen van het lange en delicate bereidingsproces van champagne.

14

14. Etikettering en verpakking vormen de laatste stappen in het produktieproces van de champagne. Hier krijgt de wijn zijn dikwijls prestigieuze uiterlijk. Champagne drinken gaat door voor chique en/of feestelijk.

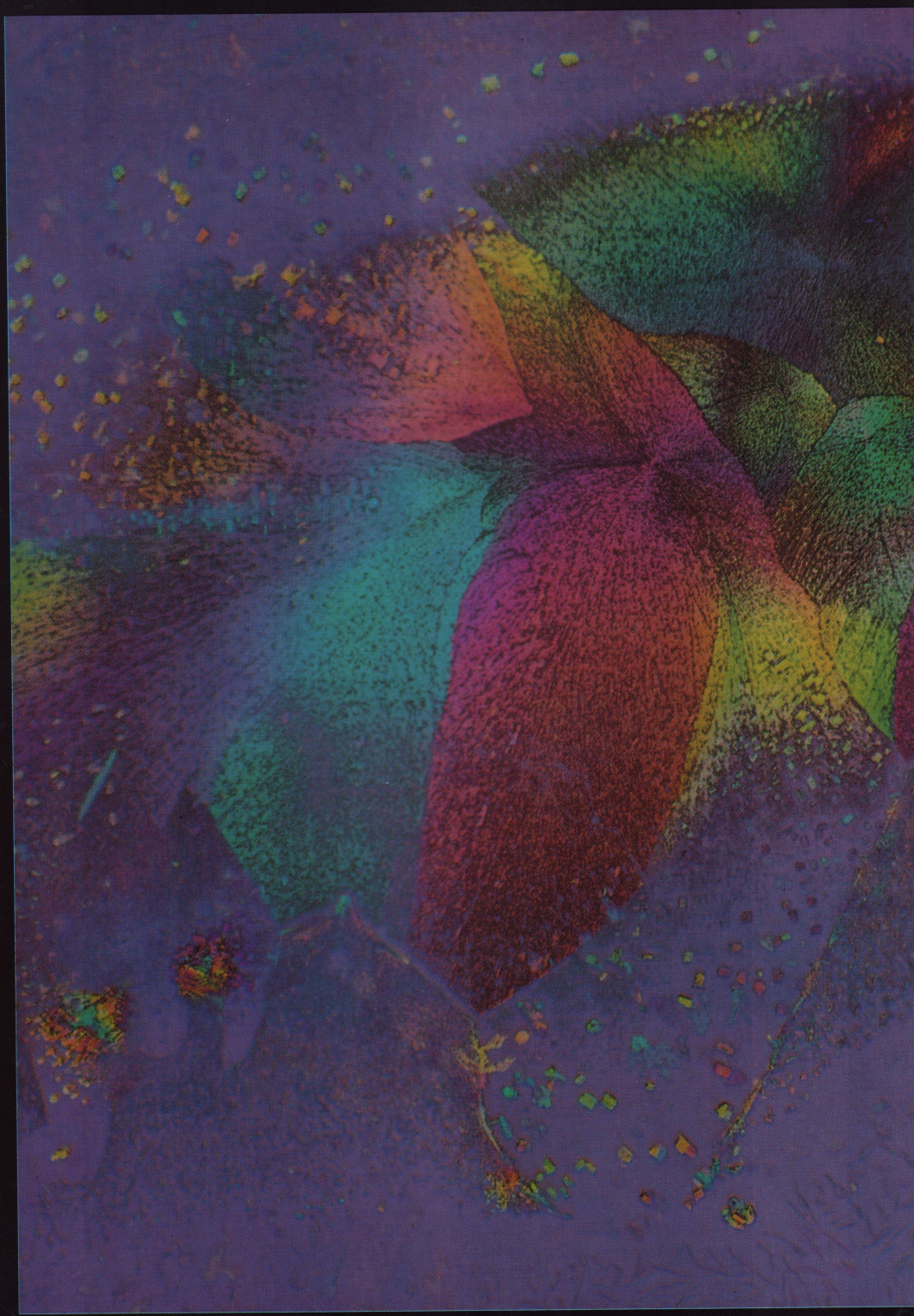
Dit artikel is een ingekorte vertaling van een tekst die eerder verscheen in La Recherche van december 1986

Literatuur

Dovaz M. L'encyclopédie des vins de Champagne. Parijs: Julliard, 1983.
Bonal. Le livre d'or du champagne. Editions du Grand Pont, 1984.
Bidan P, Feuillat M, Moulin JP. Les vins mousseux, section II, techniques d'élaboration et d'appréciation de la qualité, rapport national de la France. 65e assemblée générale de l'OIV-Paris. in Bulletin de l'OIV 1986: 59; 562.
Garcia A. Le vin de Champagne. Collection Que sais-je? Presses Universitaires de France, 1986.

Bronvermelding illustraties

Moët et Chandon, Epernay: 1, 4, 7, 10, 11, 12
Lars Bech, Deurne: pag. 1010-1011
Sopexa, Den Haag: 3, 8, 9, 14
Laboratoire Membranes Biologique, Paris VII, Parijs: 13



N.C. de Jaeger
Agfa-Gevaert NV
Mortsel

BÉARNAISE SAUS

Culinaire colloïdchemie

Volgens Baron Brisse is de béarnaisesaus ontdekt, of herontdekt, in de tijd dat Châteaubriand de uitvaart van de Franse monarchie muzikaal begeleidde, ingetogen op het orgel spelend. Voor wie niet zo goed thuis is in de geschiedenis van de Franse revolutie dient gezegd dat de late achttiende eeuwer Châteaubriand niet alleen een groot schrijver was, maar ook een erkend gastronoom en bovendien menig steentje heeft geworpen in de kikkerpoel van de absolute monarchie. Op gastronomisch gebied is zijn naam in ieder geval onverbrekelijk verbonden aan het stuk runderfilet dat, in combinatie met het onderwerp van dit artikel, nog altijd een veelgeserveerd gerecht is in de zoveel-sterren restaurants, gelauwerd door Michelin.

Eierdooier, gekookt in whisky, chloroform en azijn toegevoegd, het resultaat gesmolten met dimethylbenzeensulfaanzuur, en dan gewacht tot kristallisatie optrad. Wordt ei daar paars van? Nee, onder de polarisatiemicroscoop zijn vele kleuren te realiseren. Deze saus was niet voor het smaakgenoegen bestemd, maar voor het esthetisch resultaat onder de microscoop. Het artikel dat hierna volgt behandelt eetbare saus, waarin eierdooier een grote rol speelt.

Bekijken we eerst het recept van béarnaisesaus, zoals gegeven door Raymond Oliver in het Standaard Kookboek. De hoeveelheden gelden voor vier personen.

Béarnaise
Bij geroosterde en gegrilleerde gerechten.
Meng in een ijzeren pan azijn, sjalotten, dragon en verbrijzelde peperkorrels. Zet de pan op het vuur en laat koken tot al het vocht is verdampt. Neem de pan dan van het vuur en laat ze enkele minuten afkoelen. Wanneer de inhoud van de pan bijna koud is, voegt u de eierdooiers er één voor één bij terwijl u met de garde klopt. Voeg het water toe. Goed mengen. Zet de pan opnieuw op een zeer zacht vuur of au-bain-marie en laat zachtjes opwarmen onder aanhoudend kloppen. Wanneer de saus romig wordt, neemt u de pan van het vuur en u laat ze afkoelen terwijl u verder gaat met zachtjes kloppen. Wanneer de pan zover afgekoeld is dat u ze met de handen kunt vasthouden, voeg dan bij kleine beetjes de lauwe geklaarde boter toe (de eieren en de boter moeten dezelfde temperatuur hebben om goed vermengd te kunnen worden). Steeds licht kloppen gedurende deze bewerking. Wanneer al de boter door de eieren is gewerkt, giet u het mengsel door de fijne puntzeef. Breng op smaak. Voeg een eetlepel verse gehakte dragon toe evenals een koffielepel gehakte kervel. Zet de saus op een lichtverwarmde plaats (of au bain-marie) zodat ze lauw blijft tot aan het opdienen. Ze mag in geen geval opgewarmd worden. Ze wordt lauw opgediend. Wanneer ze goed gelukt is, moet ze zo stevig als mayonaise zijn.
5 fijngehakte sjalotten
gehakte kervel
1 eetlepel gehakte dragon
½ glas water
1 koffielepel verbrijzelde peperkorrels
3 eierdooiers
250 g geklaarde boter
1 groot glas witte azijn
zout

Tot zover het kookboek. Volgens een licht gewijzigd, en naar mijn smaak verbeterd recept van mevrouw Monique de Jaeger moet aan het in te dampen mengsel ook een droge witte wijn worden toegevoegd, bij voorkeur een droge Rijnwijn.

Kijken we naar de ingrediënten die het volume van de saus bepalen: water, azijn, eieren en boter, dan is het snel duidelijk dat water en vet de voornaamste bestanddelen zijn. In principe is de saus een emulsie van olie in water, gestabiliseerd door proteïnen uit de eierdooier. Alhoewel de beroemde en minder beroemde koks er waarschijnlijk nooit bij stilstaan, zelfs niet als het misloopt met de saus en hij schift of oproomt, hebben we hier te maken met een ingewikkeld *colloïdchemisch* systeem dat we in het algemeen rangschikken onder de *voedingscolloïden*.

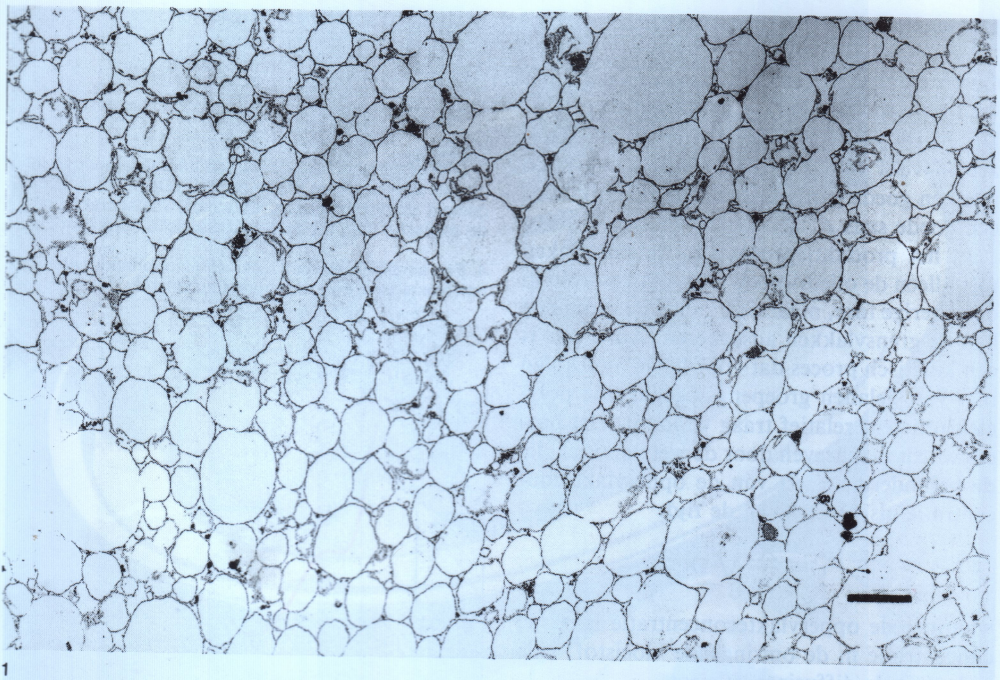
In haar samenstelling en bereidingswijze lijkt béarnaisesaus veel op mayoniase. Men gebruikt alleen veel meer eieren en in de plaats van de plantaardige olie komt gesmolten 'echte' boter, die op zichzelf al een water-in-olie-emulsie is.

Proteïnen als emulgatoren

Een emulsie van olie in water is een systeem waarin oliedeeltjes zeer fijn verdeeld in water verspreid zitten. Zo'n emulsie is niet stabiel. Na verloop van tijd zullen de water- en oliefase zich weer scheiden. Om dit proces te vertragen worden emulgatoren toegepast. Bij de hierboven beschreven huishoudelijke bereiding van de béarnaisesaus functioneren de proteïnen uit de eierdooiers als emulgatoren die de gesmolten boterdruppeltjes in de emulsie houden.

Een ei heeft behalve smaak, voedingswaarde en een hoog cholesterolgehalte ook eigenschappen die voor de voedingsmiddelentechnologie van belang zijn. We moeten dan onderscheid maken tussen het eiwit en de dooier. Het eiwit is een goede schuimvormer en een prima geleermiddel, terwijl de dooier zeer goede emulgerende eigenschappen bezit.

De samenstelling van de dooier is erg complex. Hij bevat ongeveer 50% water, 33% lipiden (vetachtige stoffen) en 17% proteïnen. Door centrifugatie kan de dooier gescheiden worden in een waterige laag, die 80% van de proteïnen bevat, en een laag met vaste stoffen. De waterige laag bezit een vrijwel even grote emulgerende activiteit als de hele dooier, wat zich uit in een zeer lage grenslaagspanning met bijvoorbeeld katoenzaadolie: 5.10^{-3} N·m^{-1}. Het is wel zeker dat de plasmaproteïnen de dominante rol spelen bij de stabiliteit van emulsies waarin ze gebruikt worden, en er moet dus

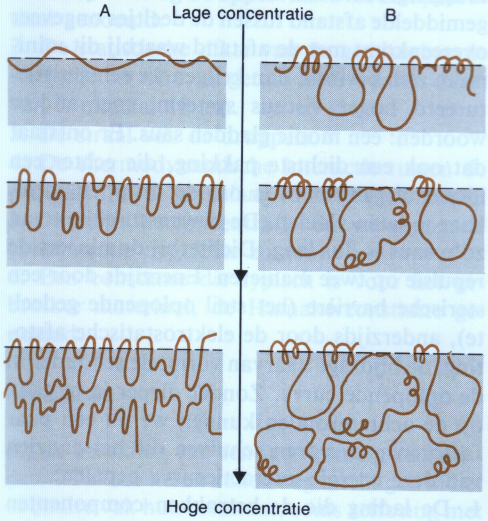


1

1. Een industriële olie-in-water-emulsie, een mayonaise in dit geval, onder de microscoop. De meeste oliedeeltjes hebben een diameter tussen de 1 en 2 μm.

2. Het gedrag van lange polymeren (A) en globulaire proteïnen (B) in een grenslaag tussen olie en water. Bij lage concentratie gedragen de molekulen zich als tweedimensionaal gas, bij hogere concentraties krijgt het vaste-stofgedrag de overhand.

2



ook een relatie zijn tussen de structuur van de proteïnen en hun stabiliserende eigenschappen. Hierna zullen we zien dat deze relatie nog erg obscuur is.

Proteïnen op het grensvlak

Om een idee te krijgen over het gedrag van proteïnen aan grensvlakken zijn in afbeelding 2 verschillende mogelijke conformaties getekend. Er is daarbij een onderscheid gemaakt tussen soepele, willekeurig geordende molekulen en sterk geordende globulaire proteïnen.

Bij lage concentraties kunnen de proteïnen in de grenslaag beschouwd worden als een tweedimensionaal gas. Bij toenemende concentratie komen de molekulen in de grenslaag dichter bij elkaar te zitten en gedraagt de laag zich meer als een gecondenseerde vloeistof. Bij nog hogere concentraties zien we visco-elastische eigenschappen ontstaan of zelfs vaste-stofgedrag.

Dit laatste is vermoedelijk het geval in onze béarnaisesaus, die tenslotte een zeer hoog gehalte aan eierdooier heeft. Eieren spelen overigens vaak een rol bij de bereiding van eetbare olie-in-water-emulsies.

Het emulgeren

Onder emulgeren verstaan we in ons geval het verdelen van de oliefase in de waterige fase. Dit proces verloopt zeker niet spontaan. Er is arbeid voor nodig en een ervaren koksmaat met een goede garde is dus noodzakelijk voor een goede saus.

In het produktieproces van de saus raken niet alleen de oliedruppels zeer fijn verdeeld in de waterige fase, maar ook zullen de proteïnen aan de grensvlakken adsorberen. Adsorptie is een kinetisch proces dat voor lange molekulen met veel geladen groepen, zogenaamde polyelektrolieten, relatief traag verloopt. Het proces wordt beschreven door de wet van Fick die de verandering geeft van de oppervlakteconcentratie als functie van de tijd:

$$\tau = \frac{2C}{\pi}\sqrt{Dt}$$

waarin τ de oppervlakteconcentratie is, C de concentratie in de omringende vloeistof, t de tijd en D de diffusiecoëfficiënt.

Wanneer de emulsie eenmaal gevormd is, moet er een energiebarrière bestaan die voorkomt dat de oliedruppeltjes elkaar te dicht naderen en samenvloeien tot een grotere druppel. Een grotere druppel heeft thermodynamisch gezien een makkelijker bestaan dan twee kleinere die samen hetzelfde volume als de grotere druppel hebben. Die energiebarrière wordt in ons geval geleverd door de emulgator: de visco-elastische eigenschappen van de dooierproteïnen bieden een uitstekende bescherming tegen het verbreken van de tijdens het kloppen gevormde grenslagen. De barrière berust op zowel sterische als elektrostatische repulsie.

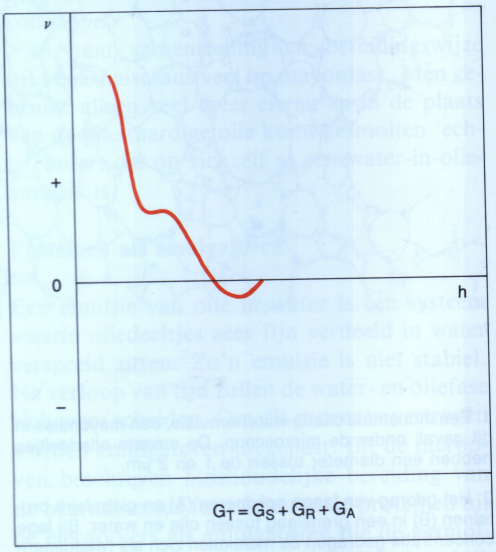
Buiten deze twee repulsiekrachten die de saus stabiliseren is er nog een derde, attractieve kracht operationeel: de London-Van der Waalsattractie. Deze hangt in de eerste plaats af van de materiaaleigenschappen van de druppeltjes en van het milieu waarin ze zitten.

Sommeren we de drie krachten als functie van de afstand tot het druppeloppervlak, dan krijgen we voor het speciale geval van polyelektrolieten een potentiaalcurve als weergegeven in afbeelding 3. We zien daarin dat de attractie de repulsie op een bepaalde afstand van het druppeloppervlak overwint. Dit wordt weergegeven als een ondiep minimum in de grafiek. Kiezen we de volumefractie en de druppelgrootte van de oliefase zodanig dat de gemiddelde afstand tussen de deeltjes ongeveer overeenkomt met de afstand waarbij dit minimum zich bevindt, dan krijgen we een gestructureerd hoger visceus systeem, met andere woorden: een mooie gladden saus. Er ontstaat dat ook een dichtste pakking, die echter een ideaal uitgangspunt is om de druppels in elkaar te laten vloeien. De bewaarstabiliteit van zo'n saus is dus laag. Dichterbij domineert de repulsie op twee manieren. Enerzijds door een sterische barrière (het steil oplopende gedeelte), anderzijds door de elektrostatische afstoting, de bijdrage daarvan vormt de schouder in de oplopende curve. Zonder dieper in te gaan op de achtergronden kunnen we nu een paar factoren naar voren schuiven die het aanzien van deze energie-interactiecurve bepalen:

1. De lading die de betrokken componenten

3. Grafiek van het verloop van de interactie-energie (G_T) tussen twee druppels in een emulsie. De curve is samengesteld uit drie bijdragen, de vanderwaalsattractie (G_A), de sterische (G_S) en de elektrostatische (G_R) afstoting.

4. Een smakelijk eindresultaat: Châteaubriand, een béarnaisesaus over een tweepersoonsbiefstuk.



3

4

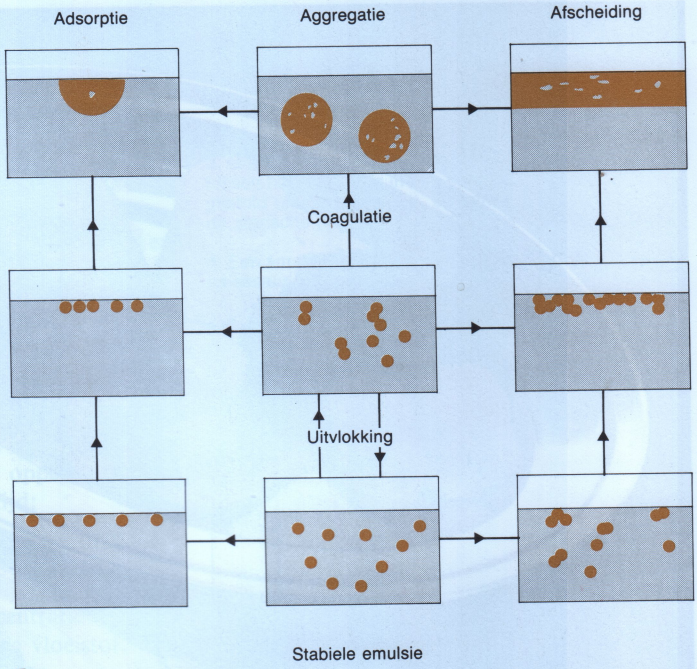
hebben, kortweg de oppervlakte- of zètapotentiaal genoemd.
2. De statistische dikte van de geadsorbeerde sterische barrière, de gemiddelde waarde daarvan is meestal 10 nm.
3. De straal van de druppels.
4. De thermodynamische interactie tussen de proteïnen in de grenslaag en het oplosmiddel.
5. De elektrolietconcentratie, dat wil zeggen de concentratie opgeloste zouten.
6. Een constante die typisch is voor het gebruikte materiaal, de Hamakerconstante genoemd.

Mislukken

Bij de bereiding van een saus kan erg veel misgaan. Talloze keren zullen beginnelingen in het culinaire vak hun resultaat, soms zelfs nog met enige geestelijke of fysieke moeite, door de gootsteen gespoeld hebben. Een denkfout die in daden omgezet tot catastrofale gevolgen kan leiden, is: hoe meer energie er in het systeem wordt geroerd, des te beter.

Niets is echter minder waar. Een emulsie kan ook verloren gaan als gevolg van een teveel aan kinetische energie in het systeem. Dit kan gebeuren door te krachtig roeren, de druppeltjes krijgen dan zoveel energie dat ze de beschermende potentiaalbarrière overwinnen en coaguleren, ofwel met elkaar opgaan in een grotere druppel. Het moment waarop de deeltjes samenklonteren en daarna samenvloeien is echter sterk afhankelijk van de druppelgrootteverdeling.

Het moment van coaguleren is overigens sterk afhankelijk van de druppelgrootteverdeling op een bepaald tijdstip. De kinetische



5. Wat er fout kan gaan met een saus. De situatie midden onder laat een stabiele situatie zien van een olie-in-water-emulsie. De oliedeeltjes zweven, fijn verdeeld in water. Vaak moeten ze op de een of andere manier gestabiliseerd zijn, bijvoorbeeld door dooiereiwitten. In de linkerkolom is het verschijnsel adsorptie van kwaad tot erger beschreven. Adsorptie van oliedruppels vindt plaats aan de grensvlakken van de saus. Een ander verschijnsel, afscheiding, is rechts in drie erger wordende fasen getekend. Bij afscheiding komt de lichtere stof, in dit geval de olie, bovendrijven.

5

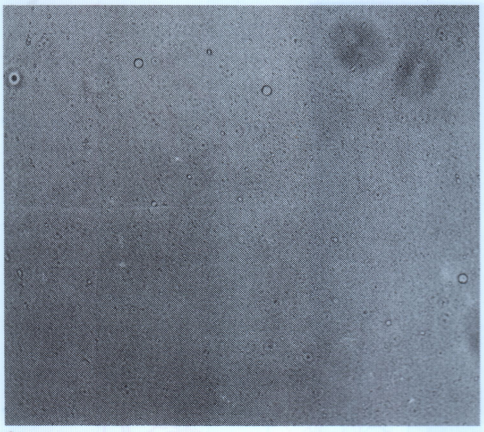
energie die door roeren wordt toegevoegd is namelijk evenredig met de massa (m) en dus met a^3, het volume van een druppel. We zien het verband in de formule voor de kinetische energie $U = \frac{1}{2}m(dv)^2$, waarin dv de relatieve deeltjessnelheid is. Er moet dus een kritische deeltjesgrootte bestaan waarvoor de kinetische energie gelijk is aan de hoogte van de potentiaalberg. Aangezien we vrijwel altijd te maken hebben met druppels die in grootte variëren rond een bepaald gemiddelde, zijn alle deeltjes $<a_k$ stabiel en al diegenen $>a_k$ instabiel. Uit de vergelijking blijkt ook dat voor een bepaalde potentiaalberg de kritische deeltjesgrootte a_k bij toenemende kinetische energie snel afneemt. Dat wil zeggen dat voor een bepaalde colloïdstabiliteit het verder opvoeren van de kinetische energie resulteert in het vlokkingsrijp maken van steeds maar kleinere deeltjes.

De béarnaisesaus die in de huishouding al kloppend wordt bereid, het geldt trouwens ook voor alle olie-wateremulsies die niet-industrieel worden vervaardigd, heeft veel grotere druppels dan de sauzen die industrieel worden vervaardigd. Dit heeft gevolgen voor hun stabiliteit, zoals ook nog in de volgende paragrafen zal blijken.

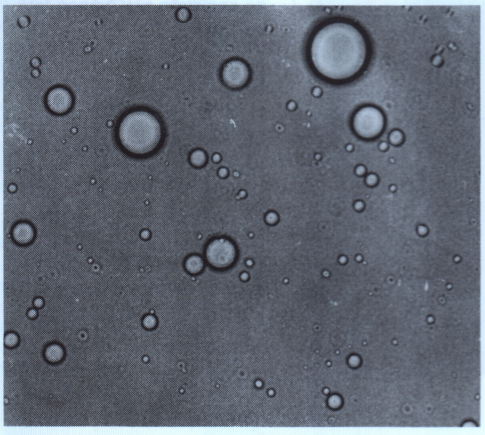
Het breken van emulsies

Het bestaan van een heerlijke saus wordt op verschillende manieren bedreigd vóór het moment waarop zij geconsumeerd wordt. In de huishouding is het 'schiften' wel de belangrijkste oorzaak van mislukken tijdens de bereiding. Dit is eigenlijk een gevolg van het *opromen,* het boven komen drijven van de olie. Door hun lager soortelijk gewicht kunnen de oliedruppeltjes boven op de sausmassa terechtkomen waarna ze in elkaar vloeien en de oliefase zich afscheidt van de waterige fase. Dit proces gaat des te sneller naar gelang de druppeltjes groter zijn en zal dus bij artisanale (in de huishouding bereide) sauzen eerder optreden dan bij industrieel vervaardigde sauzen, die meestal door een hoge-drukhomogenisator gaan. Dit is meteen de reden waarom industriële sauzen, alhoewel minder lekker, toch stabieler zijn bij bewaren. In de regel stelt men dat de druppelgrootte 1 à 2 μm moet bedragen om een produkt te verkrijgen dat twee jaar stabiel van samenstelling blijft.

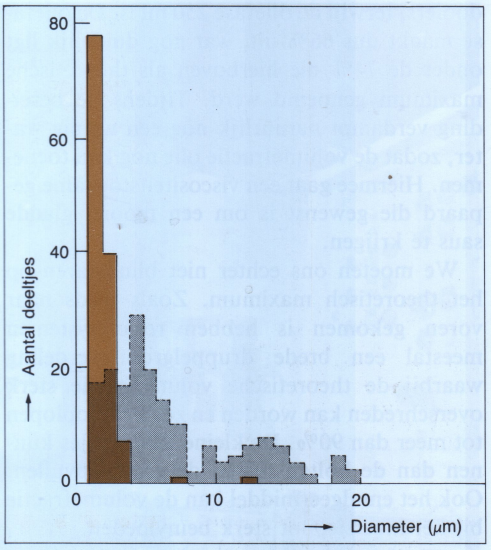
Een tweede destabiliserend mechanisme is *uitvlokking.* Hierbij gaan meerdere deeltjes aan elkaar hechten zonder dat ze in elkaar



6



7



8

6 en 7. Het uitvlokken als gevolg van het toevoeren van teveel mechanische energie op twee foto's weergegeven. De emulsie op foto 6 is 5 minuten geroerd. Afb. 7 toont dezelfde emulsie, maar dan na 120 minuten mechanisch roeren. Duidelijk is te zien dat de kleinere druppels hun afstotende potentiaal hebben kunnen overwinnen en samengevloeid zijn tot grotere druppels.

8. De grootteverdeling van oliedruppels in industriële (kleur) en huishoudelijke (grijs) sauzen. De bereiding in de industrie gebeurt meestal door het mengsel onder hoge druk door een nauwe opening te persen.

vloeien. De factoren die we in de vorige paragraaf besproken hebben spelen hierbij een voorname rol.

De uitvlokking wordt meestal wel gevolgd door *coagulatie,* het ineenvloeien van de aan elkaar hangende druppels. Beide processen versnellen de oproming, aangezien ze aanleiding geven tot grotere deeltjes. Naast de oproming kan er ook adsorptie van druppels aan het olie-water-grensvlak optreden, met als gevolg uitvlokking in dit grensvlak en verdere coagulatie, zodat men als eindresultaat ook een scheiding van water- en olielaag krijgt. Tenslotte kunnen we nog te maken hebben met twee processen die niet zo duidelijk in afbeelding 5 zijn opgenomen, maar als onderliggend proces wel een grote rol spelen.

Allereerst is er dan het verschijnsel dat *Oswaldrijping* wordt genoemd, in feite gebeurt daarbij precies wat we in het dagelijks leven ook dikwijls zien gebeuren: de diksten worden steeds maar dikker, ten koste van de dunnen. De voorwaarde voor Oswaldrijping is dat de olie een slechte oplosbaarheid moet bezitten in de continue fase. In de emulsie betekent het dat de grotere deeltjes groeien ten koste van de kleinere deeltjes. Ten tweede is er het effect van verkeerde hoeveelheden: door in de saus teveel olie te willen verwerken kan de olie-in-water-emulsie omslaan in een water-in-olie-emulsie. Het olievolume waarbij die inversie optreedt ligt theoretisch bij 74 volumeprocent, wanneer de druppeltjes allemaal even groot zijn en ze gestapeld zijn als een hexagonale bolstapeling. Wanneer we nog eens terugkijken naar de hoeveelheden in het recept, dan kunnen we uitrekenen dat de waterfase ongeveer 125 ml groot zal zijn, inclusief de eier-

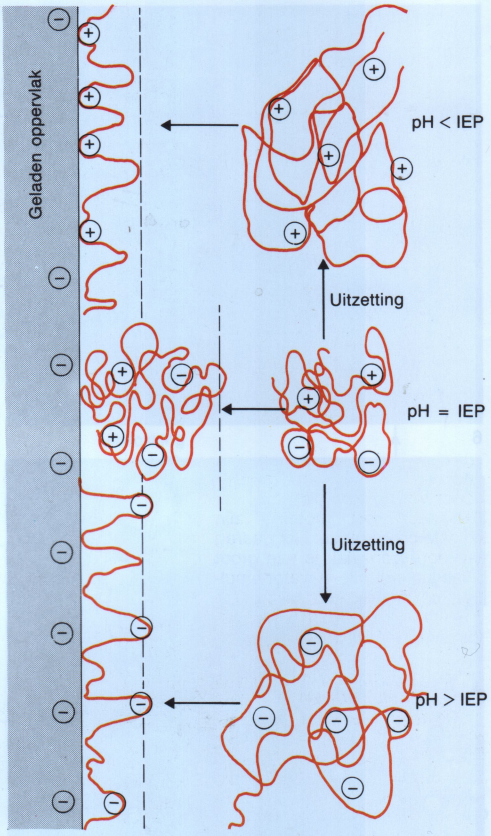
dooiers, terwijl de oliefase 250 ml is. De oliefase maakt dus 66% uit, wat nog duidelijk ligt onder de 74% die hierboven als theoretische maximum genoemd werd. Tijdens de bereiding verdampt natuurlijk nog een weinig water, zodat de volumefractie olie nog kan toenemen. Hiermee gaat een viscositeitstoename gepaard die gewenst is om een mooie, gladde saus te krijgen.

We moeten ons echter niet blindstaren op het theoretisch maximum. Zoals reeds naar voren gekomen is hebben reële systemen meestal een brede druppelgrootteverdeling waarbij de theoretische volumefractie sterk overschreden kan worden en zelfs kan oplopen tot meer dan 90%. De kleine druppeltjes kunnen dan de holten tussen de grote opvullen. Ook het emulgeermiddel kan de volumefractie bij het inversiepunt sterk beïnvloeden.

Terug naar de béarnaisesaus

We zijn bij het bespreken van mogelijke mislukkingen wellicht iets teveel in theoretische bespiegelingen van olie-in-water-emulsies terechtgekomen. Hopelijk doet dit wel uw inzicht groeien zodat we ons in het vervolg iets meer kunnen richten op de omstandigheden die nodig zijn om een goede béarnaisesaus te bereiden. Eerst en vooral speelt bij alle fysische verschijnselen die we bespraken de temperatuur een belangrijke rol. In onze saus is die extra belangrijk vanwege het gevaar van denatureren van onze eiproteïnen. Het is niet voor niets dat het recept aanraadt de saus *au bain-marie* te bereiden, dat wil zeggen verwarmd op een waterbad, anders mondt het hele gedoe uit in een mengsel van geklopte eierkoek en botervet.

Azijn is belangrijk om de pH te regelen, zodat de eigeelproteïnen de juiste lading hebben om tenvolle hun emulgerende werking te kunnen hebben. Proteïnen zijn polymeren van aminozuren en kunnen op vele plaatsen een positieve of negatieve lading bezitten. In een bepaald, zelfs vrij ruim pH-gebied zijn de positieve en negatieve ladingen tegelijkertijd op een molekuul aanwezig. Ieder proteïne heeft bij een karakteristieke pH een iso-elektrisch punt, wat wil zeggen dat er bij die zuurgraad evenveel positieve als negatieve ladingen op het molekuul aanwezig zijn. Makkelijk is in te zien dat de ladingen op het molekuul grote in-

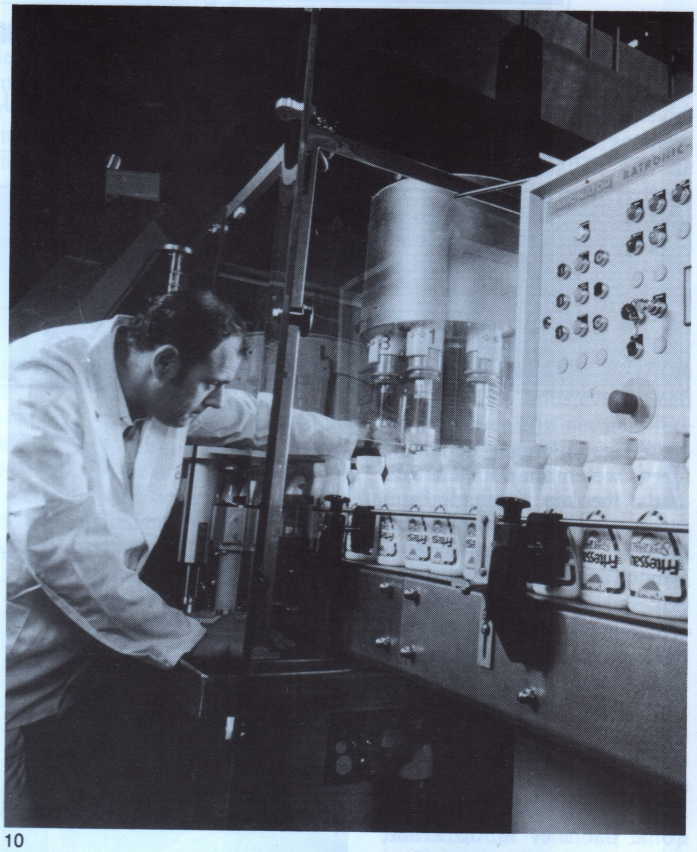


9

vloed zullen hebben op het gedrag in oplossing en ten aanzien van nabuurproteïnen. In de buurt van het iso-elektrisch punt neemt het proteïnemolekuul zijn minimumconformatie aan. Voor dooierproteïnen ligt het iso-elektrisch punt bij pH = 5,8.

Indien gedurende de sausbereiding te weinig azijn wordt gebruikt of er te veel azijn verdampt, kan de pH dicht in de buurt van het iso-elektrisch punt komen. In dat geval adsorbeert het proteïne niet meer volgens het sterisch stabiliserende uitgestrekte lussen- en staartenmodel, maar vormt het een kluwen, waarin ieder molekuul maar weinig contact heeft met het grensvlak (afb. 9). Daardoor treedt een langzame uitvlokking op. Voldoende azijn is dus de remedie.

De conformatie van de proteïnen kan ook sterk beïnvloed worden door het zoutgehalte dat bepalend is voor de stabiliserende elektrische dubbellaag, maar ook proteïneketens die



10

9. Het gedrag van proteïnen onder, boven en bij de pH van hun iso-elektrisch punt (IEP). Bij het IEP heeft het proteïne zijn kleinste conformatie. Het gedrag aan een grensvlak is van groot belang in een olie-in-water-emulsie. Polyelektrolieten zullen zich bij de pH = IEP niet langs een geladen oppervlak uitstrekken.

10. Een fritesausvulinstallatie is het voorlopig eindpunt voor veel industrieel bereide sauzen. Veel van de convenience-food-produkten in de supermarkt bestaan uit emulsies die gestabiliseerd zijn op een in dit artikel beschreven wijze.

in contact zijn met water kunnen dehydrateren, met als gevolg uitvlokkingsverschijnselen. De aanpassing van het recept door mw De Jaeger, zoals aan het begin van dit artikel beschreven hield dit het toevoegen van wijn in, maakt de bereiding moeilijker. De alcohol in de wijn is in staat om de ketens nog makkelijker te ontwateren en veroorzaakt dan ook uitvlokking.

Besluit

Hopelijk heeft deze korte bespreking van de colloïdchemische aspecten van de bereiding van één van de beroemdste Franse sauzen uw appetijt niet verknoeid. De auteur raadt de lezer aan om zich eens te wagen aan de artisanale bereiding van dit lekkers, het recept voorin het artikel voldoet goed. Hij is altijd bereid om te proeven, op voorwaarde dat de Châteaubriand-Béarnaise vergezeld gaat van een lekkere frivole wijn. Misschien kunnen we het dan aan het dessert hebben over de colloïdaspecten bij het klaren van de wijn, maar dat is natuurlijk weer een heel ander verhaal.

Literatuur

Oliver R. Standaard Kookboek. Antwerpen: Standaard Uitgeverij, 4e druk.

Dickinson E (ed.). Food Emulsions and Foams. Londen: Royal Society of Chemistry, 1986.

Dickinson E, Stainsby G. Colloids in Food. Applied Science Publishers, 1982.

Perram CM, Nicolau C, Perram JW. The resurraction of coagulated sauce Béarnaise. Nature 1977: 270; pag. 572.

Bronvermelding illustraties

Lars Bech, Deurne: pag 1022-1023

Unilever NV, Rotterdam: 1, 10

Paul Mellaart, Maastricht: 4

De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur.

Een grand old man

Simon Rozendaal

Eigenlijk gaat het in de wetenschap niet om mensen maar om ideeën. Althans, zo zou het volgens de theorie moeten zijn. Toch geldt natuurlijk ook in de nobelste wetenschapsdiscipline het simpele principe dat dezelfde opmerking gemaakt door twee verschillende mensen bij anderen overkomt als twee totaal verschillende opmerkingen. Als de timmerman zich ernstig zorgen maakt over de wereld, komt dat niet in de krant, deelt een minister-president in dezelfde bewoordingen die zorgen dan staat het op de voorpagina van zelfs de meest serieuze kwaliteitskrant.
Ook in het wetenschapsbedrijf gelden dergelijke verschillen. Er is een heel duidelijke hiërarchie met onderop de jonge waterdragers en bovenaan de – ja, hoe kom je eigenlijk aan de top in de wetenschap? Het vreemde is dat er in elke discipline ongekroonde koningen zijn. Het staat nergens geschreven, het is niet officieel, maar je merkt het ogenblikkelijk: zelfs in een gezelschap hoogleraren is er altijd iemand wiens oordeel zwaarder weegt. Mensen die naar de ogen worden gekeken, die wanneer ze een ruimte binnenkomen altijd voor een *split second* stilte zorg dragen. Gerenommeerde onderzoeksmensen die hun sporen hebben verdiend en waartegen zelfs de meest opstandige studenten eenbiedig opkijken: Ariëns in de farmacologie, Wijnberg in de chemie, A.D. de Groot in de psychologie om een paar voorbeelden te noemen.
In de Nederlandse natuurkunde is onbetwist Casimir de grand old man. De inmiddels bijna tachtigjarige H.B.G. Casimir is dat ook al sinds

Een jonge Casimir bezoekt Niels Bohr op diens buitenhuis.

mensenheugenis. Ik herinner me een symposium over de kweekreactor in Delft, een jaar of vijftien geleden. Verschillende onderzoekers en politici van naam spraken daar over kernenergie maar het hoogtepunt van de dag was Casimir. Wat hij zei weet ik niet meer – het was ongetwijfeld genuanceerd en toch kritisch getoonzet over kernenergie – maar al van te voren kon je in de zaal die (het speelde in roerige jaren) vol zat met achterdocht tegen autoriteit en stropdas, merken dat er toch enige eerbied, misschien zelfs bewondering uitging naar de man die Einstein had ontmoet en persoonlijk bevriend was met Niels Bohr.
H.B.G. Casimir is in 1909 geboren. Op dertigjarige leeftijd werd hij bijzonder hoogleraar in Leiden. Een paar jaar later ging hij op het Nat Lab van Philips werken, in 1946 werd hij directeur van dit grootste laboratorium van Nederland en van 1956 tot zijn pensionering in 1972 was hij lid van de Raad van Bestuur van Philips. Daarnaast heeft hij een natuurkundig effect naar hem vernoemd gekregen en is hij voorzitter geweest van de European Physical Society.
Een bijzonder aspect van Casimir is bovendien dat hij zich niet alleen tot zijn vakgenoten richt. Hij is redacteur van een algemeen intellectueel tijdschrift, De Gids. Sinds een tijdje publiceert hij ook regelmatig in NRC Handelsblad. Hij heeft tevens, nog uitzonderlijker in de natuurwetenschap, een autobiografie geschreven: 'Haphazard reality – half a century of science, dat later onder de titel 'Het toeval van de werkelijkheid' bij Meulenhoff is verschenen. In die autobiografie gaat het naast ideeën vooral ook over mensen – de fysici die de grote wetenschappelijke veranderingen van deze eeuw vorm hebben gegeven en waarvan Casimir de meesten persoonlijk kende.
Dit jaar is er een tweede boek van hem verschenen bij Meulenhoff: 'Waarneming en visie, over wetenschap en maatschappij'. Daarin bundelt Casimir een aantal opstellen en lezingen over de nevenaspecten van de fysica.

De mens achter de doorbraak

Natuurlijk zijn wetenschapsmensen even belangrijk voor de loop van de geschiedenis als staatslieden, kunstenaars en ondernemers. Eerlijk gezegd geloof ik dat wetenschappers een nog beslissender invloed hebben. Het vreemde is evenwel is dat men in de geschiedenisboeken maar heel weinig over grote wetenschapsmensen tegenkomt en wel over de andere genoemde categorieën. Daar zit een merkwaardige paradox in. Waarom zou het wel zo zijn dat persoonlijke details van Richard Nixon (de angst dat zijn neus altijd te groot overkwam op de televisie) helpen om de politiek van de voormalige president van de VS en dus van het land dat zelf te begrijpen en waarom geldt dat vervolgens niet voor geleerden? Waarom weten we, op een enkele uitzondering (Einstein) na, zo weinig van de mensen achter de grote doorbraken? En, belangrijker nog, waarom is het *not done* in de wetenschap om wel in die menselijke aspecten geïnteresseerd te zijn?

Casimir: Tegenwoordig heb ik wel enige bezwaren tegen onze kapitalistische maatschappij.

Wat ook het antwoord op die vragen moge zijn, bij Casimir leest men wel persoonlijke details over grote onderzoekers. Over het voetballen van de broers Harald en Niels Bohr (Harald over zijn broer, die keeper was: ''Hij was altijd te laat met uitlopen''). De afkeer die Paul Ehrenfest had van parfum; Walter Elsasser van de Leidse universiteit moest verdwijnen toen de kapper eens abusievelijk een geurtje over zijn net geknipte haar had gespoten en Ehrenfest dit rook.
Casimir geeft zichzelf absoluut niet over aan platte *human interest*. Zijn verhaal gaat over de wetenschappelijke theorievorming in deze eeuw en de mensen die dat deden. Details als de bovenstaande vermeldt hij tussen neus en lippen.
Waarschijnlijk is zijn rechtvaardiging dat hij er zelf bij is geweest en een ooggetuige heeft meer recht van spreken. Althans, dat vermoed ik op basis van een boekbespreking die Casimir enige tijd geleden in NRC Handelsblad had. Hij oefende daarin scherpe kritiek uit op het boek 'Nobel Dreams' van Gary Taubes. Nu staat hij daar niet alleen in, nogal wat wetenschappers waren geschokt door de sterk op de persoon van fysicus en Nobelprijswinnaar Carlo Rubbia gerichte aanval. Uit Casimirs recensie herinner ik me echter een merkwaardige zinsnede waarin Casimir stelde dat Taubes, die over boksen in Playboy had geschreven, eigenlijk helemaal niet over Rubbia *mocht* schrijven. Casimir beperkt zijn scherpe blik absoluut niet alleen tot wiskundige formules – al hebben die wel zijn voorkeur, hij is aangetrokken tot het grensvlak van wis- en natuurkunde. Hij heeft bijvoorbeeld

haarfijn en bovendien uiterst humoristisch het soort van Engels geanalyseerd dat tegenwoordig de internationale voertaal is op tal van conferenties. Hij schrijft dan: "Het is algemeen bekend dat in het Engels de combinatie *ough* op zeven manieren kan worden uitgesproken. De welopgevoede spreker van *Broken English* is daarvan goed op de hoogte, maar terwijl de spreker van standaard Engels in een bepaald woord maar één uitspraak kan gebruiken is de spreker van *Broken English* volkomen vrij. Sommige sprekers maken een vaste keuze, ze besluiten dat ze het woord *doughnut* zullen uitspreken als *duffnut* en blijven daarbij. Anderen maken een meer geraffineerd gebruik van hun vrijheid en zeggen *doffnut* of *dunut* al naar gelang het uur van de dag of het weer. Weer anderen voeren

Casimirs oordeel over de maatschappelijke plaats van de wetenschap wordt scherper naarmate hij grijzer wordt.

verschillen is: ze zeggen *dunut* als het over gebak gaat maar *downut* als ze een bepaalde ontladingsbuis in een modern fysisch instrument bedoelen. De uitspraak *dupnut* (vergelijk: *hiccoughs*) komt zelden voor maar is ongetwijfeld correct *Broken English*. Twijfelachtig is alleen of de uitspraak *donut* (met de klank van *go*) aanvaardbaar is."

Toen ik Casimir eens voor NRC Handelsblad intervieuwde begon ik een vraag door te stellen dat ik over een bepaald onderwerp op twee gedachten hinkte. Casimir

Ehrenfest hield niet van geurtjes.

viel me in de rede en wees me er vriendelijk op dat je maar op één been hinkt en dat de veelgebruikte uitdrukking 'op twee gedachten hinken' onzin is. Sindsdien hink ik – met dank aan Casimir – inderdaad maar op één gedachte.

Ouder en wijzer

Om dit stuk over Casimir niet alleen maar positief te laten zijn: er is ook kritiek te leveren. Zo schrijft hij in een ronduit lelijke stijl: nieuwe opvattingen in de fysica zijn "wolken die verfrissende regen brengen voor fysici die dorsten naar opwindende en nieuwe inzichten". Gelukkig neemt hij kritiek vaak al van te voren weg: hij beschrijft zichzelf ergens als een "eigenwijs jongetje" en weer ergens anders zegt hij van zichzelf: "Ik was toen al verwaand genoeg." Ook stelt hij dat om een bepaalde ontwikkeling adequaat te kunnen beschrijven "een groter schrijverstalent dan het mijne" nodig is. Desalniettemin zijn zijn boeken het lezen meer dan waard. Om verschillende redenen. Het is aardig om te lezen over de grote fysici aan de hand van iemand die hen zelf heeft ontmoet en soms zelfs bij ze thuis logeerde (Bohr). Het is aardig om over Casimir zelf te lezen – een autoriteit in de Nederlandse fysica en jaren lang een Philips-topman.

Een derde reden is dat Casimir zeer begaan is met de maatschappelijke plaats van de wetenschap en daar duidelijke opvattingen over heeft. Opmerkelijk overigens is dat dit oordeel steeds uitgesprokener en scherper wordt naarmate Casimir grijzer wordt. Erik Jan Tuininga, hoogleraar maatschappelijke aspecten der wiskunde en natuurwetenschappen aan de VU in Amsterdam, wees daar onlangs ook op in Intermediair en vermeldde de door Casimir zelf gegeven verklaring: "Als je ouder wordt, word je wijzer". Overigens bekritiseerde Casimir in 1958 al de zelfverzekerdheid van exacte wetenschapsmensen: "Ik heb een vrouw gekend wier voormalige echtgenoot, een drankzuchtige timmerman, haar in beschonken toestand placht toe te spreken met de woorden: 'dit huis is gemaakt door een timmerman, de stad is gemaakt door een timmerman, de hele wereld is gebouwd door timmerlui, ik ben een timmerman, kniel voor mij neer.' Zo zou men al te grote aanmatiging van de fysici kunnen karakteriseren als grootheidswaanzin van een zatte timmerman."

Overigens geeft hij elders toe daar soms ook last van te hebben (gehad?). Hij heeft het dan over de wetenschapsbeoefenaren die aan de tafel der goden zitten en kruimels laten vallen die kunnen worden opgepikt door 'de mindere

man'. En, die mindere lieden zijn dan de ondernemers, ingenieurs, generaals en staatslieden.
De verandering in Casimirs opvattingen – de 'verlinksing' zou men het in enigszins verouderd taalgebruik kunnen noemen – beschrijft hij zelf als volgt: "Tegenwoordig heb ik wel enige bezwaren tegen onze kapitalistische maatschappij, tegen de onaflatende concurrentiestrijd, tegen de consumptiemaatschappij waar een zaak als Philips aan levert, tegen de commerciële en industriële methodes die gevolgd moeten worden wil men het hoofd boven water houden."
Casimir heeft een ambivalente houding ten aanzien van de 20e eeuwse prestaties van wetenschap en technologie. Zo zegt hij over 'de enorme invloed die op wetenschap gebaseerde techniek uitoefent op de gang van zaken in de hele wereld", het volgende: "Als man van wetenschap en als industrieel researchleider heb ik alle reden daar trots op te zijn, maar als burger van ons land, als wereldburger, als mens, ben ik veeleer diep verontrust dan verheugd."
Die verontrusting betreft onder andere de uitvinding van de atoomsplitsing die vooral de generatie van Casimir een schuldcomplex heeft bezorgd. Casimir over de uitvinding van de atoomsplitsing: "Een factor waarvan we moeten vrezen dat hij zal leiden tot vernietiging van onze huidige menselijke beschaving". Over de moderne genetica: 'Moderne biologische techniek en een steeds beter inzicht in de structuur van de molekulaire dragers van erfelijke eigenschappen maken het in beginsel mogelijk in te grijpen in het voortplantingsproces en in de verwerking van genetische gegevens bij de voortplanting. Men kan vrezen dat deze vaardigheid zo ver zal gaan dat ze zal leiden tot vernietiging van onze geruststellende wereld van goedgedefinieerde soorten van levende wezens en haar niet te doorbreken scheiding tussen mens en niet-mens."
Soms ook heeft Casimir meer gerichte kritiek. Bijvoorbeeld als hij het heeft over schriftelijke examens en tentamens op een universiteit: "Ik vond dat onwaardig en was blij dat ik daar nooit aan mee heb hoeven doen. Dat het minderwaardige systeem van multiple choice vragen ooit vaste voet zou krijgen binnen de muren van een universiteit (gelukkig niet in de wis- en natuurkunde) zou ik zelfs in mijn ergste nachtmerries niet hebben kunnen dromen. Het enige toelaatbare gebruik van multiple choice vragen in een academische omgeving is als gezelschapsspelletje."
Volgt ten slotte zo'n spelletje. Met welke zin begint Casimirs autobiografie?
a – In dit boek heb ik een aantal persoonlijke herinneringen vastgelegd.
b – Oude mannen vertellen graag over vroeger, zijn kritisch over het heden en maken zich zorgen over de toekomst.
c – Zowel a als b.

Casimir aan het woord tijdens het jubileumcongres van Natuur en Techniek (Foto: Paul Mellaart).

Antwoord: c. In de oorspronkelijke Engelse uitgave begint Casimir met b maar zoals Erik Jan Tuininga signaleerde vond hij klaarblijkelijk voor de Nederlandse vertaling a beter.

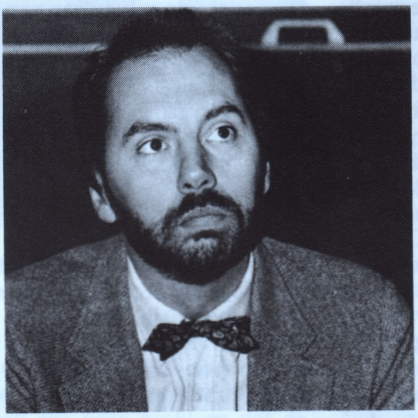
AIDS-expert Peter Piot: 'Europa moet goed naar Afrika kijken'

Christine Pelgrims

In de Afrikaanse staten neemt de bezorgdheid over AIDS hand over hand toe. De grootste haard bevindt zich ongetwijfeld in Centraal Afrika en het AIDS-virus kent de jongste tijd een razendsnelle uitbreiding in de perifere staten. Per miljoen inwoners komen er jaarlijks 550 AIDS-patiënten bij. Pieken ver boven dit gemiddelde worden gemeld in de grote steden. In Burundi bijvoorbeeld is 20 procent van de bevolking besmet; in Rwanda is 25 procent van de volwassenen drager van het virus.

Het blijft natuurlijk zo dat het ziektebeeld van AIDS voor het eerst werd ontdekt bij Amerikaanse homoseksuelen en als dusdanig werd beschreven in 1981. De naam AIDS nam men toen nog niet in de mond. Zelfs het gezaghebbende medische tijdschrift *The New England Journal of Medicine* wist op dat ogenblik niet beter dan dat het een 'ongebruikelijk klinisch syndroom' betrof. Geneesheren werden voor het eerst geconfronteerd met jonge, tevoren ogenschijnlijk gezonde, mensen die de ene na de andere ontwikkelden met de dood tot gevolg.

"Nu weten we dat er in Centraal Afrika een verder, later stadium van de epidemie aanwezig is, waar we absoluut niet meer te doen hebben met die bijzondere risicogroepen, maar wel met de algemene heteroseksuele populatie", zegt dokter Peter Piot van het Tropisch Instituut van Antwerpen, internationaal gerenommeerd expert op het gebied van AIDS in Afrika. Hoewel de ziekteverschijnselen in grote lijnen hetzelfde zijn kan het epidemiologisch verloop variëren van streek tot streek. Het meest opvallende kenmerk van AIDS in Afrika is de bijna gelijkmatige verspreiding over mannen en vrouwen. In Europa en de Verenigde Staten daarentegen is slechts één op 13 AIDS-lijders vrouw.



AIDS-expert Piot (Foto: Belga).

Aangezien in Europa en de Verenigde Staten de homoseksuelen de belangrijkste risicogroep uitmaken, schrijft Piot het relatief gebrek aan heteroseksuele transmissie hier toe aan het weinig voorkomen van seksuele contacten tussen de homoseksuele en de heteroseksuele groep. Toch wordt het AIDS-virus in de tropische landen op dezelfde wijze overgedragen als in de rest van de wereld. De belangrijkste routes waarlangs het virus zich verspreidt zijn uiteraard seksuele betrekkingen en daarnaast blootstelling aan niet gesteriliseerde naalden voor medische doeleinden, bloedtransfusie met niet-gescreend bloed en overdracht van moeder op kind. In bepaalde Afrikaanse steden is zelfs acht tot tien procent van de zwangere vrouwen seropositief, dus drager van het virus.

Verder kunnen veel endemische ziekten in tropische landen het immuunsysteem activeren, wat zou kunnen leiden tot een hogere vatbaarheid voor AIDS. In een recente studie onder zowel Noord-amerikanen als Afrikanen is een interessante hypothese opgesteld die zou kunnen aangeven waarom Afrikanen en homoseksuele Amerikanen

gevoeliger zijn voor het AIDS-virus. In beide groepen bevonden zich zowel AIDS-patiënten als gezonde volwassenen. Immunologisch onderzoek heeft hier kunnen aantonen dat deze twee categorieën nagenoeg hetzelfde patroon van antistoffen tegen virusinfecties als hepatitis A en B, Herpes, Epstein-Barr, syfilis en toxoplasmose vertonen. Daarnaast blijken zij, in tegenstelling tot de gezonde Amerikaanse heteroseksuele controlegroep, over meer geactiveerde lymfocyten te beschikken. Hierdoor rijzen nu sterke vermoedens dat de eerder genoemde virussen het immuunsysteem moduleren, waardoor het vatbaarder wordt voor het AIDS-virus. Het feit dat in sommige delen van Afrika de publieke moraal geen aanstoot neemt aan het hebben van verscheidene seksuele contacten met verschillende partners, is volgens Piot uiteraard niet vreemd aan de gevolgen zoals ze zich nu manifesteren. Negentig procent van de prostituées in Naïrobi en Rwanda is op dit ogenblik drager van het virus en wordt als een belangrijke bron voor de verspreiding van AIDS beschouwd. Piot: "Ook in Europa moet men ernstig rekening houden met de heteroseksuele overdracht. België bijt hier overigens de spits af met 1,1% seropositieven onder de ontwikkelingshelpers ten gevolge van seksueel contact met Afrikanen. Ik ben mij er van bewust dat het niet zo evident is seksuele gedragingen te veranderen. Overigens, om goed gerichte gedragsveranderingen teweeg te brengen, is het noodzakelijk eerst het huidige gedragspatroon te kennen. De bewering als zou men bitter weinig afweten van gedragspatronen onder Afrikanen, gaat ook op voor Europa. Het exacte aantal homoseksuelen bijvoorbeeld, is nog steeds niet gekend. Waarom gebruikt men al dan niet een condoom? Ook deze vraag blijft open. Belangrijk voor de AIDS-overdracht is het gegeven dat twintig procent van de heteroseksuelen nu en dan anale seks bedrijven. Welnu, gebeurt dat met de eigen partner, met een andere partner? Hetzelfde grote vraagteken is de promiscuïteit. Wie is promiscue? Meestal aanvaardt men graag de definitie als zouden dit diegenen zijn met meer partners dan jijzelf."
Twee jaar geleden schreef Piot in een artikel: "AIDS beroert de diepste interessen van de mens: seks en dood. De literatuur is er vol van. Hierbij

Een AIDS-patiënte in een lemen hut in Uganda. Kort voor het maken van deze foto had ze haar man en twee zoontjes aan de ziekte verloren (ANP-foto).

komt nog een flinke dosis exotisme, sinds de ontdekking van de Afrikaanse *connectie*. Een dodelijk gevolg van seks, dat hadden we sinds jaren niet meer meegemaakt!'' En hij besluit met de stelling dat we nu moeten aanvaarden dat er een biologische grens is aan de seksuele vrijheid.
De cijfers liegen er inderdaad niet om. Het aantal AIDS-patiënten blijft stijgen. In mei 1987 hebben 108 landen de Wereldgezondheidsorganisatie ingelicht over totaal 49 329 gevallen. Ook in Latijs-Amerika dreigt het probleem explosief te worden, waarbij het nu reeds duidelijk is dat het een totaal andere epidemiologie betreft. Piot typeert het AIDS-probleem in Latijns-Amerika als een mengeling van heteroseksuele en homoseksuele overdracht, of wel een combinatie van het Afrikaanse en het Europese model.
De stijging in Noord Amerika is echter aan het afzwakken. Waarom? De belangrijkste risicogroepen, homoseksuelen en drugspuiters, zijn stilaan uitgeput. Diegenen die hun gedragingen niet wijzigden zijn geïnfecteerd. Wat deze risicogroepen betreft zullen er in de toekomst dus enkel nieuwe homoseksuelen en nieuwe spuiters bijkomen. Daarnaast moet men echter rekening houden met de veel tragere – maar op den duur tot grotere aantallen leidende – stijging van AIDS onder de algemene bevolking. Hierbij refereert Peter Piot naar de trend zoals die zich in Afrika aan het aftekenen is. Volgens hem is dit een signaal om alles in het werk te stellen opdat een soortgelijke evolutie in onze contreien voorkomen kan worden.

De grijze kaste

E.J. Boer

De vergrijzing is een geliefd onderwerp geworden, het woord is sluipend onze vocabulaire binnengedrongen en in korte tijd een eigen leven gaan leiden. De ambtenaren hebben het van een onheilspellende lading voorzien, een lading die vergaande bezuinigingen en inkrimpingen rechtvaardigt. Immers, gezondheidszorg wordt onbetaalbaar vanwege 'de' vergrijzing, de sociale wetten kunnen wellicht niet worden gehandhaafd en wie zullen de AOW moeten opbrengen voor al die horden bejaarden als de beroepsbevolking zo sterk terugloopt? Juist.
Toch kenmerken deze discussies zich door een zekere distantie: men praat over bejaarden alsof het over een groep gaat waar we eigenlijk maar zijdelings mee te maken hebben. In ieder geval spreken we over anderen en niet over onszelf.
Terecht, natuurlijk. Het gaat om de 65-plussers, waarvan er thans circa 1,7 miljoen onder ons zijn. In 2030 zullen er circa 3,3 miljoen zijn, absoluut en relatief een verdubbeling. Hoewel dat inderdaad flinke vormen lijkt aan te gaan nemen is dat pas over veertig jaar aan de orde, dus daar hoeven we nu nog niet al te zwaar aan te tillen. Komt tijd komt raad.
Fout! Mag ik u, vrij jeugdige lezersschare, er opmerkzaam op maken dat u dat jaar 2030 waarschijnlijk wel zult meemaken? Geboren omstreeks 1950 of later zult u dan zo'n 80 jaar of jonger zijn. En tachtig jaar is, hoewel men het de leeftijd van de 'sterken'

pleegt te noemen, geen zeldzaam voorkomende leeftijd meer. Van de 3,3 miljoen 65-plussers zullen er in 2030 meer dan 750 000 tot de 80-plussers behoren (thans 400 000) en zelfs 300 000 tot de 85-plussers. Aangenomen mag worden dat zich daar een respectabel aantal van de huidige jonge lezers van Natuur & Techniek onder zal bevinden.

Stok ende stok

Wel, om het kind nu maar bij de naam te noemen, tachtigjarigen zijn niet meer piep, ze zijn doodgewoon stok. En wie stok is heeft niet veel meer te zeggen. U zult merken, als u in 2030 met 3,3 miljoen andere bejaarden om u heen zit te kijken, hoe anderen de dienst uitmaken en beschikken over wat wel en niet goed voor u is. En u zult ongetwijfeld veel dingen zien waar u het helemaal niet mee eens bent, het gaat er dan allemaal heel anders aan toe dan in de rustige jaren tachtig.
Het verkeer is een puinhoop, maar uw geliefde middel van vervoer is de wandelstok, dat scheelt. De jeugd is totaal losgeslagen, maar niemand luistert meer naar u, en ook dat scheelt. Vreemde ziekten zijn er bij gekomen, want virussen zitten ook niet stil, en wie weet zijn sommige oude infectieziekten terug van weggeweest, waar een krasse oude baas terdege voor moet oppassen. Anderzijds, de via seksuele contacten verspreide aandoeningen zijn geen probleem meer (die tijd hebt u gehad) en ook dat scheelt.
In de wetenschapsbijlagen van de dagbladen leest u artikelen waar u eigenlijk geen touw aan kunt vastknopen, en dat is vervelend, want u hebt ooit een exacte opleiding gehad. Dus zegt u: de technologische ontwikkelingen gaan steeds sneller, het is me wat. De kardinale vraag blijft: hoe woont en leeft u? Kunt u zelfstandig met uw partner voor uw natje en droogje zorgen? Hebt u geen hulp van buiten nodig? Gefeliciteerd, dan wordt u waarschijnlijk met rust gelaten en kunt u zelf uitmaken hoe u uw leven inricht. Bent u wel op anderen aangewezen voor uw dagelijkse bezigheden? Jammer, u moet door naar de volgende ronde. Dat betekent dat u 'zo lang mogelijk in de eigen omgeving zult worden gehandhaafd' en met behulp van mantelzorg en wijkverpleging de dagen mag doorkomen, terwijl anderen uw pensioentje en eventuele uitkeringen beheren, en dat u dankbaar dient te zijn voor alles wat u wordt aangedaan. Het dagelijks brood verandert geleidelijk in een soort genadebrood. Tenslotte geraakt u in 'n rusthuis en misschien hebben ze daar alleraardigste verpleeghulpen die hun vak verstaan, die aardig met u omgaan zonder u opa of oma te noemen, zonder u lastig te vallen met ongewenste commentaren en zonder u op uw nummer te zetten wanneer het bed per ongeluk eens nat is. Wederom gefeliciteerd, want het is een uitstervend ras. Maar misschien dat in het jaar 2030 met behulp van genetische manipulatie betere verpleeghulpen worden gekweekt, de manipulatie die thans zovelen vrezen. Dat zou u toch maar goed van pas komen.
In hetzelfde rusthuis hebt u trouwens de bejaarde dr Huub Schellekens ontmoet, vroeger verbonden aan TNO en – ik meen in 1987 – bekend geworden door de VPRO-televisieuitzendingen van Wim Kayzer, Beter dan God, en een boek inzake genetische manipulatie. Hij is nog steeds tégen en weigert halsstarrig zich door een genetisch gemanipuleerde verpleeghulp te laten wassen. Na zijn middagslaapje schuifelt hij door de gangen en roept ons toe: "Ik heb jullie nog zo gewaarschuwd!"; u poogt zich tevergeefs te herinneren wáártegen het ook weer was.

In 2030 zijn er naar schatting 3,3 miljoen 65-plussers, waaronder hopelijk u en ik.

Het verdomhoekje

Tot zover de grappen, nu de ernst. Degenen die bezig zijn de bejaarden van straks in het verdomhoekje te plaatsen snijden in eigen vlees. De generaties van nu zullen merken dat de spoeling voor de bejaarden van straks, en dat zijn zij zelf, dun is geworden. Zij zullen het mikpunt worden van beleidsveranderingen die zij zelf hebben helpen verwezenlijken.

Wanneer we ons door beleidsmakers voortdurend laten inprenten dat de toekomstige vergrijzing een verschraling van de zorg rechtvaardigt ziet de toekomst er zorgelijk voor ons uit. Het feit dat een vergrijzing op til is zou als een legitiem argument moeten worden gebruikt om de mogelijkheden tijdig te verruimen: een verruiming van de zorg die de bejaarden ten goede komt. Bejaarden maken relatief een groter gebruik van de gezondheidszorg dan het werkende deel van de bevolking, wordt keer op keer gesteld. Ja, dat haal je de koekoek: de ouderdom komt met gebreken en gebreken kosten geld. Voor de mogelijkheden om bejaarden op de been te houden (of weer te brengen) zal moeten worden betaald en als die mogelijkheden toenemen zal er meer moeten worden betaald. De bejaarde van nu heeft decennia lang tot het producerende deel van de natie behoord en via zijn ziektekostenpremie solidariteit betoond met de bejaarden van toen, terwijl hij zelf zoals het betaamde een gering gebruik van de zorg maakte. Zoals hij ook de AOW voor de bejaarden van toen dekte en hij keurig zijn pensioenpremie afdroeg, waarvan de pensioenfondsen tot nut van het algemeen flatgebouwen konden bouwen.

Maar dan is nu zijn tijd gekomen. Iedere bejaarde heeft door werken en sparen geïnvesteerd in de huidige samenleving, hij vertegenwoordigt een kapitaal en alleen daarom al mag hij niet als een onproduktieve consument worden beschouwd. Het is waar, hij kan zijn investering niet terugnemen en elders beleggen, hij is met handen en voeten gebonden. Maar hij mag allerminst als een uitvreter zonder economische restwaarde, en dus als een *quantité negligeable,* terzijde worden geschoven.

Die indruk wordt in sommige publikaties wel eens gewekt: de grijze kaste zal door zijn omvang een soort bedreiging voor de rest van de samenleving zijn. De bejaarden worden als een collectieve groep met collectieve eigenschappen, collectieve gebreken en een collectief karakter in een hoek van de samenleving geplaatst, het eerdergenoemde verdomhoekje. Zodra afhankelijkheid optreedt vangt een nieuwe fase aan en nemen de hulpverleners de touwtjes in

Jongeren van nu moeten bedenken dat zij zelf ooit van oudedagsvoorzieningen afhankelijk zullen zijn.

handen. Anderen zullen beslissen of het nog zin heeft te opereren en te revalideren. De inspraak wordt steeds geringer.
Dat is ongeveer het voorland van de tegenwoordige produktieve generaties. Een benauwend perspectief. Het lijkt zinvol om de zorgen rondom de vergrijzing enigszins te relativeren en vooral op de kwaliteit van het leven van de bejaarde toe te zien, zonder te schrikken als het een paar dubbeltjes duurder uitkomt.

Scenario's

De scenario's waarin op de effecten van de vergrijzing wordt vooruitgelopen proberen ijverig de gevolgen voor de economie te voorspellen en op zichzelf is dat een legitieme poging. Dat scenario's in de praktijk zelden uitkomen kunnen de opstellers ook niet helpen, zij roeien met de riemen die ze hebben en die bestaan voornamelijk uit de harde cijfers van het verleden. Verder hebben ze ogen om te kijken hoe een en ander bezig is zich te ontwikkelen en een gezond verstand om de lijnen naar de toekomst door te trekken. Dat er zich verstorende gebeurtenissen kunnen voordoen die alle verwachtingen op losse schroeven zetten is evenmin hun schuld. Oorlog, een oliecrisis, nieuwe ziekten of technologische vooruitgang... het komt veelal uit de lucht vallen.
Scenario's die effecten van de vergrijzing moeten voorspellen hebben maar een beperkte waarde. Het is verstandig dat met de cijfers waarover men beschikt behoedzaam wordt omgegaan.
Wat de bevolkingssamenstelling betreft – want daar gaat het met de vergrijzing in feite om – valt op dat het aantal jongeren (beneden 20 jaar) tussen nu en 2000 verder zal dalen (met bijna 200 000) maar dat de aantallen 20-65 jarigen zullen stijgen met totaal 900 000 en het aantal 65-plussers met bijna 350 000. Anders gezegd, de potentiële beroepsbevolking zal tal van jaren meer toenemen dan de groep bejaarden die 'in leven gehouden moeten worden', dus de angst dat er te weinig beroepsbevolking zal zijn om sociale voorzieningen en pensioenen voor de bejaarden op te brengen lijkt voorlopig overdreven.

In veel culturen staan oude mensen in hoog aanzien en worden belangrijke beslissingen door de 'oudsten' genomen.

Hij is nog steeds tégen en weigert halsstarrig zich door een genetisch gemanipuleerde verpleeghulp te laten wassen.

Dat de werkloosheid ons waarschijnlijk niet meer zal verlaten is een andere zaak, die kan wel degelijk dergelijke effecten oproepen. Maar dat probleem kan moeilijk aan de vergrijzing worden geweten. Integendeel, vergrijzing helpt de werkloosheid, in samenwerking met vervroegde uittreding, omlaag te brengen.
Er zijn enige positieve en negatieve kanten aan de vergrijzing te ontdekken die we hier laten volgen. Maar hoe die effecten kwantitatief moeten worden getaxeerd is onberekenbaar. Daar is geen scenario tegen gewassen.
Minder kinderen betekent kleinere gezinnen. Dat zal consequenties hebben voor de woningbouw: kleinere gezinnen hebben minder ruimte nodig. Maar tegelijkertijd zal er een streven zijn naar meer comfort en meer vierkante meters vloeroppervlak per persoon. De voor Nederland nog ongekende luxe van meer dan één badkamer per gezin, bijvoorbeeld, in Amerikaanse woningen een normale zaak,

zal hier ongetwijfeld ook ingang vinden.
Omdat een deel van ons woningbestand van de eerste decennia na de oorlog dateert en aan vernieuwing toe is – onwennig namen we dezer dagen kennis van het voornemen om een reeks flatgebouwen af te breken – zal hierop gemakkelijk kunnen worden ingespeeld. Voor de scholen kan iets dergelijks gelden: teruglopende aantallen kinderen zouden tot kleinere klassen, betere outillage en hogere kwaliteit kunnen leiden, terwijl de minst moderne scholen het veld kunnen ruimen.
Te hopen valt wel dat het besef weer zal doorbreken dat investeren in onderwijs zich op den duur terugbetaalt; het is een kunstfout om onderwijskrachten tot sluitpost van een bezuinigingsbeleid te maken.
Natuurlijk, de arbeidsmarkt blijft een teer punt, maar dat was ze al. Arbeidstijdverkorting zal een regulerende invloed kunnen hebben om de werkloosheid het hoofd te bieden, maar er zitten tal van addertjes onder het politieke gras. Voorlopig is de beroepsbevolking groot genoeg.

De gezondheid

Menigeen dacht dat de wetenschap wel op tijd zou zorgen voor antwoorden op de grote problemen in de gezondheidszorg. Kanker, hart- en vaatziekten en andere ziekten van chronische aard die de patiënt afhankelijk maken zijn economisch gezien een zware belasting. Maar vorderingen in deze sector gaan langzaam, zeer langzaam en het is de vraag of ze de eerstvolgende decennia veel invloed op de aantallen patiënten zullen hebben.
Misschien wel op de sterfte: minder doden tengevolge van de grote killers als longkanker, borstkanker en hartinfarct. Maar ook dat geeft tegelijk meer patiënten, want iemand die een vorm van kanker overleeft blijft een beroep doen op de zorg en kan zodoende duurder worden dan iemand die onmiddellijk sterft. De kwaliteit van leven kan door allerlei nieuwe ingrepen worden verhoogd, zoals nu als bij het bekende 'dotteren' van patiënten met angina pectoris het geval is. Dotteren is prettiger dan het eeuwige pilletje onder de tong en de onzekere dreiging van het hartinfarct. Borstsparende operaties zullen bij vrouwen met beginnende borstkanker de kwaliteit van leven positief beïnvloeden.

De voor Nederland nog ongekende luxe van meer dan één badkamer per gezin, zal hier ongetwijfeld ook ingang vinden.

Vergrijzing betekent meer ouderdomsgebreken, meest specifieke ziekten die het bewegingsapparaat en/of de verstandelijke vermogens van de bejaarde aantasten. Veelal aandoeningen waarvoor geen genezing bestaat maar wel behandelingen die het mogelijk maken er mee te leven. Woorden als dementie en rolstoel blijven vóór op de tong liggen, de vergrijzing van de bevolking zal deze problemen numeriek doen toenemen.
Voor dit alles zal moeten worden betaald, zoals een geboortegolf meer geld aan vaccinaties en onderwijs zal vergen. Dat zijn ontwikkelingen die men dient te accepteren en die niet mogen worden verdoezeld terwille van pogingen tot verlaging van de collectieve lasten.
Vaak wordt bezorgd gesignaleerd dat het percentage van ons bruto nationaal produkt (BNP) dat we aan de gezondheidszorg uitgeven de spuigaten uitloopt. Het percentage naderde tien jaar geleden bedenkelijk dicht tot 10. Welnu, het aandeel van de gezondheidszorg in het BNP is inmiddels gedaald tot ergens tussen 8 en 9, niet zozeer doordat de gezondheidszorg in absolute zin goedkoper is geworden maar doordat het BNP gestaag toeneemt.
Er is nooit officieel vastgelegd hoe groot het aandeel van de gezondheidszorg in het BNP moet, of liever gezegd mag zijn, zoals dat ook voor andere takken van bedrijvigheid niet is gedaan. Er valt iets voor te zeggen om dat wel te doen, maar dan zal tegelijk de gezondheidszorg als een stuk bedrijvigheid moeten worden gezien waarvoor de particuliere sector via premiebetalingen het leeuwedeel opbrengt. De kosten die de overheid bijdraagt blijven tot enkele procenten beperkt.
Strikt genomen is de situatie van het ogenblik niet ongezond: het is de consument zelf die via ziektekostenverzekeringen voor zijn eigen wel en wee zorgt. Hij heeft daar een flink bedrag voor over. Hij betaalt voor zijn auto, voor zijn pensioen, voor zijn huis en voor zijn gezondheidszorg, opdat hij weet dat hij van de beste hulp verzekerd is.
Dat is zijn goed recht, zoals ieder mens het recht heeft met behulp van de gezondheidszorg te trachten oud te worden. Zó oud misschien dat zelfs de scenario's van de vergrijzing eens bewaarheid zullen worden.

OPGAVEN & PRIJSVRAAG

Vragen?

De gebruikelijke toetsvragen voor het onderwijs horen deze keer bij het artikel over de spijsvertering van G.A. Charbon en C.J. van der Grond. Ze zijn opgesteld door mw drs J. Nater-Hak uit Drachten.

1. Galproduktie vindt continu plaats; de galafscheiding treedt naar behoefte op.

a. Wat gebeurt er met de gal vanaf de produktie tot aan de afscheiding?
b. Welke prikkel leidt tot de spiersamentrekking van de galblaas en welke weg gaat deze prikkel?

2. Pijnaanvallen veroorzaakt door galstenen kunnen door een dieet beperkt worden. Welke voedingsmiddelen zullen er zeker ontbreken in dat dieet?

3. Bij plantenetende dieren wordt in de blinde darm, die naar verhouding groter is dan bij de mens, een enzym afgescheiden. Welke stof wordt door dit enzym afgebroken?

4. In het colon wordt water aan de darminhoud onttrokken. Beschrijf het wateronttrekkingsproces en beschrijf de verdere weg van het water in het lichaam.

5. Bekijk de grafiek waarin de drukveranderingen in de slokdarm zijn weergegeven. Waaraan moeten de geringe drukveranderingen in een normaal patroon toegeschreven worden?

6. Bij hikken trekken de middenrifspieren zich krampachtig samen. Zal dit invloed hebben op de maag- en darmperistaltiek? Licht het antwoord toe.

7. Treedt bij een vluchtend dier een vertraging of versnelling van de darmperistaltiek op? Licht het antwoord toe.

8. Bij de kikker (*Rana*) schijnen de voorwaardelijke reflexen, zoals het zien en ruiken van voedsel, voor de afscheiding van maagsap te ontbreken. Welke prikkel zal bij de kikker de maag tot maagsapafscheiding aanzetten?

9. De vertering bij vissen verloopt ongeveer achtmaal langzamer dan bij zoogdieren. Geef een verklaring hiervoor.

10. Het artikel eindigt met: het afval dat onze darmen verlaat dient als voedsel voor wormen. Vergelijk het 'doorslikken tot aan het afvoeren' van dit afval bij de regenworm met de vertering bij de mens. (De regenworm heeft een huid met daarbinnen een kring- en lengtespierlaag. Deze spierlagen omgeven een lichaamsholte met twee bloedvaten en een darm, met een wand van één cellaag dik.)

Prijsvraag

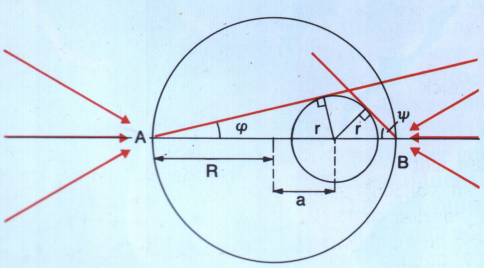
Oplossing oktober

Slechts een handvol oplossingen ontving de puzzelredactie naar aanleiding van het probleem in oktober. Dat luidde als volgt: in een overigens homogene glazen bol zit ergens een bolvormige luchtbel. Bepaal een methode waarmee met behulp van zichtbaar licht, zonder de bol te beschadigen, de diameter van de bel kan worden bepaald. Onderbouw de oplossing met berekeningen. De goede oplossingen werden volgens een drietal paden bereikt. Interessant was die waarbij de bol in een bak water wordt gelaten waarbij de brekingsindex van het water door het toevoegen van een brekingsindexverhogend chemicalie gelijk wordt gemaakt aan

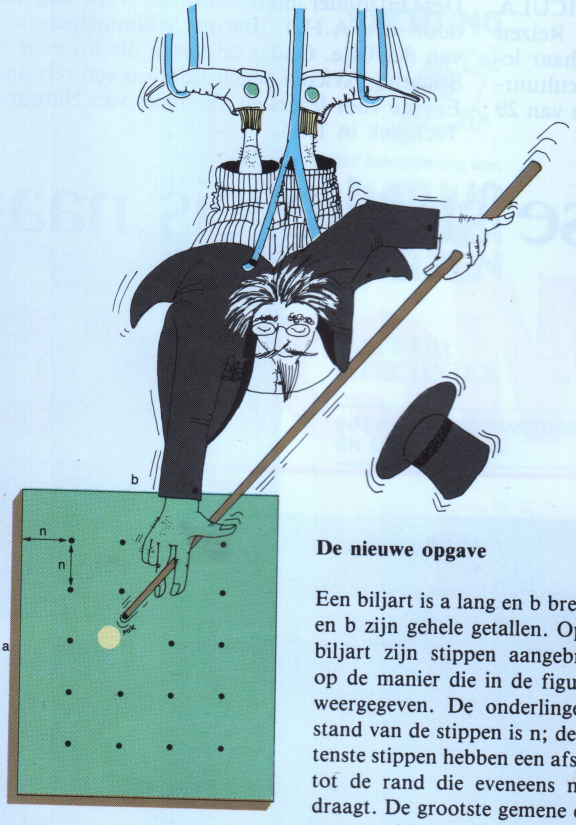
FOTO WEDSTRIJD

Johan Ensing uit Hoofddorp wint een jaarabonnement op Natuur & Techniek met deze foto van een rijstplanter op een Javaanse sawa.
Dank zij een technisch hoogstaand irrigatiesysteem, zo schrijft hij, levert de natuur op Java meerdere rijstoogsten per jaar. De jury was gecharmeerd van de ordening die de planttechniek hier in de natuur veroorzaakt. En door de kleurstelling en compositie van de foto.
Maandelijks kiest de jury een foto uit de inzendingen. Nieuwe inzendingen zijn welkom. We vragen technisch goede foto's die als onderwerp 'natuur en techniek' hebben, waarbij één van beide onderwerpen overigens dikwijls slechts marginaal aanwezig is.

Adres:
Natuur en Techniek
Foto van de Maand
Postbus 415
6200 AK Maastricht
Foto's voorzien van naam en adres worden retour gestuurd. Kansrijke opnamen houdt de jury soms enige maanden in voorraad om in volgende beoordelingsrondes te laten meedoen.



die van het glas. Heeft de bak parallelle wanden dan is met een bundel evenwijdige lichtstralen de diameter van de bol op een geprojecteerd beeld af te lezen.
We geven een oplossing waarvoor men eerst de as AB door de middelpunten van bel en bol bepaalt door de bol op een horizontale gladde tafel te leggen. A is dan



het steunpunt en B de top. Convergeer nu een bundel licht op A; achter de luchtbel zal dan een schaduwbeeld ontstaan. Daarmee is φ te bepalen. Er geldt:

$$\sin \varphi = \frac{r}{R + a}$$

Doe hetzelfde in B en vind hoek ψ. Hier geldt:

$$\sin \psi = \frac{r}{R - a}$$

Hieruit volgt het antwoord:

$$r = 2R \frac{\sin \psi \cdot \sin \varphi}{\sin \psi + \sin \varphi}$$

Na loting werd Hubert Nachtegaele uit Hoboken (B) winnaar van een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek. L.H. van den Raadt uit Edam (N) is winnaar van de ladderprijs.

De nieuwe opgave

Een biljart is a lang en b breed; a en b zijn gehele getallen. Op het biljart zijn stippen aangebracht op de manier die in de figuur is weergegeven. De onderlinge afstand van de stippen is n; de buitenste stippen hebben een afstand tot de rand die eveneens n bedraagt. De grootste gemene deler van a en b is ook n (ggd (a, b) = n). Men legt een biljartbal op één van de stippen en stoot zonder effect. Is het mogelijk zo te stoten dat hij alle stippen raakt?

Oplossingen moeten uiterlijk 15 januari op de redactie zijn. Onder de goede oplossingen wordt een boek naar keuze uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur & Techniek verloot. Iedere goede oplossing levert bovendien zes punten op voor de laddercompetitie. De deelnemer met het meeste aantal punten verliest dat puntenaantal maar ontvangt Natuur & Techniek een jaar lang gratis.

Adres:
Natuur & Techniek
Prijsvraag
Postbus 415
6200 AK Maastricht

Vermelding van volledige naam en adres op de envelop vinden we erg plezierig bij de administratie van de laddercompetitie.

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.
Redactie en administratie zijn te bereiken op:
Voor Nederland:
Postbus 415, 6200 AK Maastricht.
Telefoon: 043-254044*.
Voor België:
Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.
Telefoon: 00-3143254044.
Bezoekadres:
Stokstraat 24, Maastricht.
Advertenties:
R. van Eck: tel. 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers van de Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij.
Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van *f* 25,– of 485 F.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):
Voor Nederland, resp. België:
f 105,– of 2025 F. (per 1-1-'88)
Prijs voor studenten: *f* 80,– of 1550 F. (per 1-1-'88)
Overige landen: + *f* 35,– extra porto (zeepost) of + *f* 45,– tot *f* 120,– (luchtpost).
Losse nummers: *f* 9,80 of 190 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.
Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang.
TUSSENTIJDS kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:
Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:
Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

In samenwerking met de Stichting AVICULA ter bevordering van Natuur Cultuur Reizen organiseert Natuur & Techniek voor haar lezers/abonnees een unieke 22-daagse cultuurreis naar Mexico, die plaats zal vinden van 29 oktober t/m 19 november 1988.

Deze bijzonder interessante reis wordt begeleid door drs A.H.J. Baron Schimmelpenninck van der Oije. Onder de reizen die hij voor de Stichting Avicula begeleidde was een reis naar Egypte voor lezers en abonnees van Natuur & Techniek in 1984.

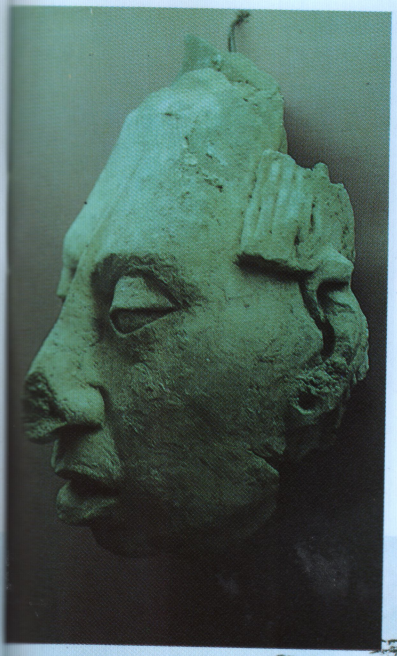
Een 22-daagse studiereis naar Mexico

29 oktober - 19 november 1988

De republiek Mexico kan volgens onze Europese begrippen met meer recht een continent dan een land genoemd worden. Niet alleen de grootse afmetingen maar vooral de geweldige verscheidenheid in landschap, klimaat, bevolking en cultuur maken van Mexico een wereld op zichzelf. Gelegd op de kaart van Europa, strekt het zich uit van Groot Brittanië tot Turkije en van Denemarken tot Sicilië. Moderne middelen van transport voeren de reiziger in één dag van de woestijn naar de tropische jungle en van de vochtig warme kust naar de ijle lucht van de centrale hoogvlakte, waar besneeuwde vulkanen het landschap domineren.

De 80 miljoen inwoners zijn even heterogeen als het land.
Naar schatting 17 miljoen Indianen spreken 60 verschillende talen. Zij vertonen, nog meer door hun houding tegenover het leven dan door hun uiterlijk, een opmerkelijk contrast met hun 50 miljoen landgenoten van gemengde afkomst, de mestiezen.

De Europeaan die in Mexico slechts de uitlopers van zijn eigen cultuur denkt aan te treffen, komt bedrogen uit. Het lijkt wel of de Spaanse verovering in het begin van de 16e eeuw alleen maar de aanzet geweest is tot een geheel eigen ontwikkeling. Waar zijn kerken zo onwaarschijnlijk barok als in Mexico? Zijn alleen de inspanningen van de elkaar beconcurrerende Franciscanen, Dominicanen, Augustijnen en



STICHTING
avicula

ter bevordering van
NATUUR
CULTUUR
REIZEN

NATUUR
&TECHNIEK

INFORMATIE OVER WETENSCHAP
EN SAMENLEVING

Jezuïeten oorzaak van zo'n massale devotie als bij de Schrijn van Guadeloupe, na het Vaticaan de meest bezochte plaats in de christelijke wereld? Zelfs het woord 'koloniaal' heeft in Mexico een nieuwe klank. Het wordt zonder schaamte of misprijzen gebruikt en roept herinneringen op aan goede tijden. Ook de kolossale schilderingen met politieke en historische thema's waarmee 'muralisten' musea, universiteiten en andere gebouwen hebben gekleurd zijn zo puur Mexicaans dat ze de Europeaan zijn aangeboren huiver voor tendentieuze kunst een ogenblik doen vergeten.

Een reis naar Mexico samenstellen betekent noodzakelijkerwijs: zich beperken. Niettemin biedt deze reis de beste mogelijkheden om in drie weken een zo compleet mogelijk beeld van het land, zijn cultuur en zijn bevolking te krijgen. Van de oude culturen zien we de monumenten in Teotihuacán, Monte Albán, Mitla, Palenque, Uxmal, Chichén Itzá, Cobá en Tulum. Schitterende kerken, kloosters en paleizen bewonderen we in Mexico City, Morelia, Oaxaca en San Cristóbal. We bezoeken een keur van musea, zowel op het gebied van archeologie als van kunst. We maken kennis met de architectuur van het hedendaagse Mexico. We verblijven in koloniale stadjes en we ontmoeten de Indiaanse bevolking van Oaxaca, Chiapas en Yucatán. We zullen genieten van het afwisselende landschap, van de Canyon van de Grijalva tot de kust van Quintana Roo.

Bij een dergelijke cultuurreis behoort natuurlijk een uitstekende, Engels sprekende gids, die ons gedurende de gehele reis begeleidt. En vanzelfsprekend verblijven we in de beste hotels, waar we na een warme dag een koele duik kunnen nemen en waar goed voor ons gezorgd wordt. Want ook een cultuurreis is toch in de eerste plaats vakantie!

Links: De ruïnestad Palenque, rechts de 'Piramide van de inscripties' met het in 1952 ontdekte graf van de priester-koning Pacal.
Boven: Stucco-masker uit het graf van Pacal.

Wij geven u hieronder een overzicht van het programma van deze reis.

Zaterdag 29 oktober

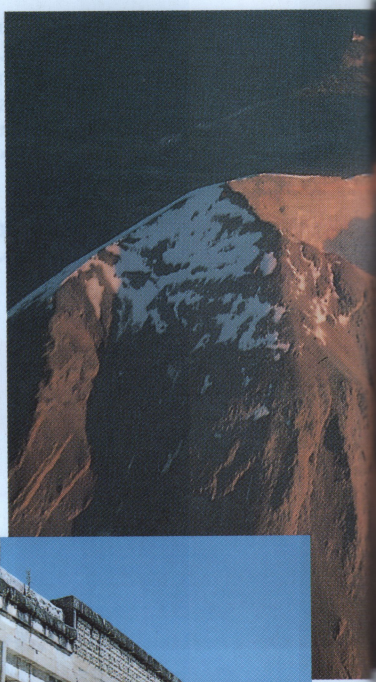
Amsterdam-Mexico City.
Vertrek met de KLM vanuit Amsterdam in de namiddag. Aankomst tegen middernacht (plaatselijke tijd) in Mexico City. Ons hotel ligt in de *Zona Rosa*, de elegante buurt van de stad, met restaurants en boutiques, ten zuiden van de *Paseo de la Reforma*, de beroemdste boulevard van de stad en dicht bij het *Chapultepec*-park met zijn musea.

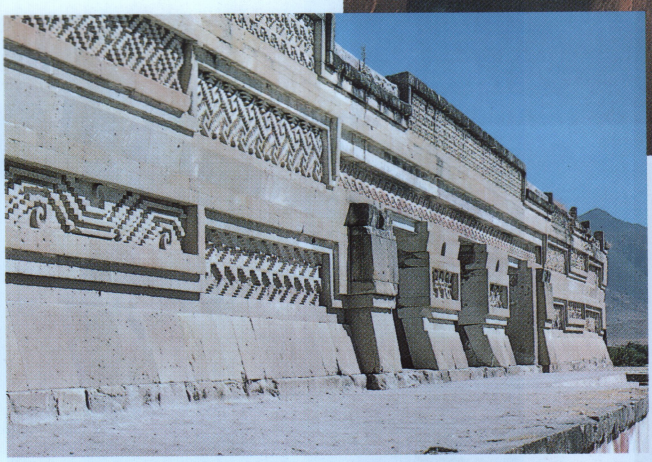
Zondag 30 oktober

Mexico City. Na zijn overwinning in 1521 bouwde Hernán Cortés zijn nieuwe hoofdstad bovenop het verwoeste Mexico-Tenochtitlán, de schitterende hoofdstad van de Azteken.
Mexico telt thans 15 miljoen inwoners en is een van de snelst groeiende steden ter wereld. Wat eens het ceremoniële centrum van de Azteken was heet thans het Plein van de Grondwet, of het *Zócalo*. We bezichtigen er de grote kathedraal, een monument van drie eeuwen koloniale bouwkunst, en de naastliggende kerk, de harmonieuze *Sagrario*.
In het trappenhuis van het Nationale Paleis aan de oostzijde van het plein vinden we de enorme schilderingen van de muralist Diego Rivera. Een tableau in zachte kleuren toont de Mexicaanse helden in hun geschiedenis.
Na de lunch een bezoek aan het beroemde Antropologisch Museum. De duizenden objecten, de wijze waarop ze tentoongesteld zijn en de architectuur van het gebouw zijn onovertroffen.
's Avonds besluiten we onze verkenning van de Mexicaanse cultuur met een voorstelling van het *Ballet Folklorico*.

Maandag 31 oktober

Naar Teotihuacán en de Basiliek van Guadeloupe.
60 Kilometer ten noord-oosten van Mexico treft de bezoeker de overblijfselen aan van Teotihuacán. De naam betekent in het Nahuatl, de taal van de Azteken, 'de plaats waar de mens god wordt'. Sagen vertellen dat hier, aan de voet van de grote pyramiden, de goden samenkwamen om de mens een nieuwe periode, 'de vijfde zon', te schenken. Men schat dat de stad zelf, niet gebouwd van duurzaam materiaal en thans verdwenen, in zijn bloeitijd 150.000 inwoners heeft geteld. Alleen het indrukwekkende cultuscentrum uit de 4e tot de 7e eeuw bleef bewaard. Om onbekende redenen werd de stad in de 8e eeuw verlaten en haar geschiedenis en afmetingen stelde Tolteken en Azteken, zelf toch geen kleine bouwers, voor grote raadsels. Teotihuacán mist het spectaculaire karakter van Maya-steden in de groene jungle. Eerst een wandeling over de 1,7 kilometer lange allee, met pleinen en piramiden onthult de sobere, klassieke schoonheid van het complex.
Is de rol van Teotihuacán als pelgrimsoord sedert lang uitgespeeld, de cultus van de Maagd van Guadeloupe, Koningin van Mexico, bloeit als nooit tevoren. Dagelijks zijn duizenden Mexicanen, hele bedrijven, hele dorpen, op weg naar het grote plein met de basilieken. Vanaf haar verschijning in 1531 aan de bekeerde Indiaan Juan Diego is de Maagd van Guadeloupe uitgegroeid tot een nationale en vaak ook politieke factor, een symbool van Mexicaanse trots.





Dinsdag 1 november

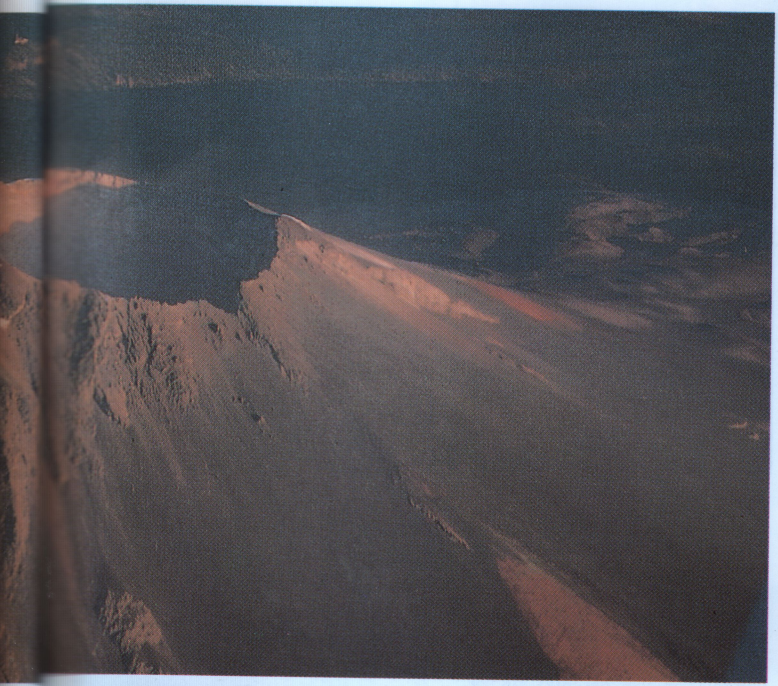
Naar Morelia. We vertrekken vroeg per luxe touringcar. Onderweg is volop gelegenheid om te genieten van het natuurschoon dat vooral de staat Michoacán met bergen, dennebossen en watervallen te bieden heeft. Morelia, de hoofdstad van Michoacán is op en top koloniaal: muren van zacht gekleurde natuursteen, een rechthoekig stratenplan en barokke gebouwen, waarvan we er morgen enkele zullen bezichtigen.

Woensdag 2 november

Morelia. Vandaag een rondleiding door de stad. We bezoeken o.a. het *Palacio Clavijero*, een voormalig Jezuïetenklooster, het *Collegio de San Nicolás*, één van de oudste universiteiten en het klooster van *Santa Rosa*, het oudste conservatorium van dit werelddeel.

Donderdag 3 november

Naar Guadalajara. De reis voert ons langs het meer van Chapala, het grootste van Mexico. Het meer, bekend als de *Laguna*, is van een serene schoonheid en veel welgestelde Mexicanen hebben



Boven: De Popocatépetl ('Rokende Berg') bij zonsopgang. Ondanks zijn ligging, niet ver van de evenaar, is de top van deze 5450 m hoge berg voor een deel met eeuwige sneeuw bedekt.
Links: Mixteken stapelden hier meer dan 100.000 stenen in 14 verschillende patronen.

hun weekendverblijf aan de noordelijke oever gebouwd. Guadalajara, hoofdstad van de staat Jalisco, is met ruim drie miljoen inwoners de tweede stad van het land, maar heeft de charmes van voorbije tijden goed weten te bewaren. Parken, lanen, pleinen en oude gebouwen en daarenboven een mild klimaat maken het *La Perla del Occidente*.

Vrijdag 4 november

Naar Oaxaca. Afhankelijk van het tijdstip waarop ons vliegtuig vertrekt is er misschien nog gelegenheid één van Guadalajara's bezienswaardigheden te bezoeken: de kathedraal met de onwaarschijnlijk gele tegels, of de schilderingen van de muralist José Clemente Orozco.
We vliegen naar Oaxaca, hoofdstad van de gelijknamige staat en centrum van de Indiaanse culturen van het zuiden. Naast Zapoteken en Mixteken, de grondleggers van de oude beschavingen van de streek, zijn hier nog 16 andere groepen die zowel in taal als cultuur van elkaar verschillen. De stad zelf is een wonderlijke mengeling van barokke koloniale architectuur en kleurrijke Indiaanse bedrijvigheid.

Zaterdag 5 november

Mitla en Monte Albán. Op een klein uur rijden vanaf Oaxaca ligt Mitla, één van de meest intrigerende tempelcomplexen. Nog een eeuw na de Spaanse verovering bleef dit religieuze centrum actief. De tempels met hun uitzonderlijke mozaïeken getuigen van het meesterschap van de Mixteken als bouwers en kunstenaars.
In de middag volgt een excursie naar het grote tempelcomplex van Monte Albán. In de heuvels op 10 kilometer van Oaxaca is een kunstmatig plateau aangelegd van 700 bij 250 meter. Hier vinden we piramiden, graven en een astronomisch observatorium van de Zapoteken uit de bloeiperiode van hun beschaving van 300 tot 900. De volstrekte harmonie in aanleg verleent Monte Albán een bijzonder karakter. Gaandeweg verloor de plaats zijn betekenis voor de cultus en werd van de 13e tot de 15e eeuw door de Mixteken gebruikt als begraafplaats. Van hen zijn dan ook de schitterende voorwerpen van goud, jade en bergkristal die thans in het Regionaal Museum van Oaxaca te bewonderen zijn.

Zondag 6 november

Oaxaca. Een dag met een rustig programma. We bezoeken het Rufino Tamayo Museum dat een buitengewoon interessante collectie pre-koloniale kunst bezit, geïnspireerd op religie en mythe. De verzameling werd door de schilder Tamayo aan zijn geboortestad Oaxaca geschonken. We zien in de kerk van Santo Domingo met zijn polychrome reliëfs en verguld stucwerk een van de mooiste voorbeelden van barokke koloniale kunst. Het ernaast gelegen voormalige klooster herbergt thans het Regionaal Museum, waar we o.a. de vondsten uit Monte Albán bezichtigen.

Maandag 7 november

Naar Tuxtla Gutiérrez. Vandaag begint onze tocht per luxe touringcar naar Chiapas, de zuidelijkste staat van Mexico. Hier lag vermoedelijk de oorsprong van de eerste Olmeken-beschaving en het raakvlak met prehistorische Maya-culturen. Aan het einde van hun korte heerschappij over Centraal Mexico veroverden de Azteken delen van Chiapas. De Spaanse overheersing was een feit na de onderwerping door Diego de Mazariegas in 1523. Niet alleen Mexico, maar ook Guatemala beheerste het gebied gedurende de drie eeuwen koloniale geschiedenis.
De weg leidt eerst naar de kuststreek en daarna naar de hoger gelegen gedeelten van de Sierra Madre. De vegetatie wordt gaandeweg tropisch. Tegen de avond bereiken we Tuxtla Gutiérrez, de hoofdstad van Chiapas.

Dinsdag 8 november

Naar San Cristóbal de las Casas. Behalve een dierentuin biedt Tuxtla Gutiérrez de bezoeker geen bijzondere attracties, maar op weg naar ons volgende reisdoel maken we bij Sumidero een boottocht door de kilometerdiepe canyon van de Gijalva rivier. In de middag bereiken we San Cristóbal de las Casas, een lieflijk

stadje waarvan de koloniale architectuur beheerst wordt door kerken. Hier kunt u op de markt van de Indiaanse bevolking, na afdingen, aardewerk en wollen en katoenen kleding kopen, de specialiteiten van de streek.

Woensdag 9 november

San Cristóbal de las Casas. Na een bezoek aan de kerk van Santo Domingo met zijn barokke gevel en fraaie *retablos* reizen we naar het dichtbij gelegen San Juan Chamula, een Indianendorp bij uitstek. In het gebied rondom San Cristóbal leven ongeveer 200.000 Indianen, Tzotzils en Tzeltals. De Chamula-Indianen behoren tot de Tzotzils. De gevolgen van een drie eeuwen durende gedwongen bekering tot het christelijk geloof hebben geleid tot een merkwaardige vermenging van oude religie, christendom en berusting.

Donderdag 10 november

Naar Palenque. We reizen verder door Chiapas naar wat voor velen ongetwijfeld een hoogtepunt van de reis zal zijn: Palenque. Onderweg stoppen we bij de honderden sprookjesachtige watervallen van *Agua Azul* in de tropische jungle. Tegen de middag komen we aan in Palenque.

Vrijdag 11 november

Palenque. De meest indrukwekkende getuigenis van de als 'klassiek' bestempelde periode van de Maya-cultuur (300-900) is ongetwijfeld Palenque. De ligging in de hoge jungle, de levendige bouwstijl, de reliëfs in steen en stucco, en bovenal de spectaculaire vondst van het graf van priester-koning Pacal in 1952 dragen daartoe bij. Wat de plotselinge ineenstorting van het enorme rijk in de 9e eeuw veroorzaakte is niet met zekerheid bekend, en pas in de 18e eeuw werd Palenque opnieuw ontdekt. Zowel in de morgen als in de middag bezoeken we dit complex.

Zaterdag 12 november

Naar Mérida. Met een rit naar de luchthaven van Villa Hermosa beëindigen we onze reis door Chiapas. We vliegen naar ons volgende reisdoel, Mérida, in de staat Yucatán. Omstreeks de eeuwwisseling maakte de stad door de winstgevende sisal een grote bloei door en werd door de

welgestelde bewoners graag het Parijs van Mexico genoemd. De uitbuiting van de Maya's beleefde in die tijd een droevig hoogtepunt. Nu is Mérida een wat mondaine provinciestad met goede winkels, en zeer geschikt als vertrekpunt voor excursies.

Zondag 13 november

Mérida, Uxmal. In de morgen maken we een excursie naar Uxmal, opnieuw een belangrijk archeologisch centrum van de Maya-cultuur van de klassieke periode. We treffen hier hoogtepunten van Maya-architectuur aan. De Piramide van de Tovenaar, volgens een sprookje door een tovenaar in één nacht gebouwd, is enig in zijn soort door de afgeronde hoeken. Bij de piramide en bij de andere gebouwen is het perfecte evenwicht bereikt tussen eenvoud van lijn en rijke versiering.

Maandag 14 november

Naar Chichén Itzá. Een tocht van anderhalf uur per touringcar voert ons door de lage jungle van het plateau van Yucatán naar Chichén Itzá. Het complex is zeer uitgebreid. Weinig van de klassieke verfijning van de Maya-architectuur is hier echter te vinden, en niet zonder reden. In de 10e eeuw veroverden de Tolteken Chichén Itzá en maakten het tot hun hoofdstad. De grote piramide is dan ook een typische mengvorm van de krachtige en eenvoudige stijl van het centrale hoogland en de gracieuze hoge vorm van de Maya-stijl. Ook het goed bewaar-

de speelveld voor het rituele balspel is een typisch element uit de Tolteken-cultuur, evenals de *chac-mool*, de liggende figuur bovenop de piramide, waarop de harten van geofferden werden gelegd. Het oudere deel van Chichén Itzá, daterend uit de 5e eeuw, is echter in pure Maya-stijl gebouwd.
We besteden de gehele middag aan de bezichtiging, en overnachten in Chichén Itzá.

Dinsdag 15 november

Naar Cancún. Vandaag besluiten we onze reis door het gebied van de Maya's. De tocht per touringcar voert westwaarts naar de staat Quintana Roo. We lunchen bij een interessante plaats: Cobá.

Links: Maya's in Yucatán, het laaggelegen schiereiland in het oosten van Mexico.
Onder: Het complex van Chichén Itzá. In het observatorium op de voorgrond is de klassieke Maya-stijl nog te herkennen. De strakke lijn van de grote piramide op de achtergrond kenmerkt de invloed van de Tolteken, die zich in de 10e eeuw in Chichén Iztá vestigden en het tot hun hoofdstad maakten.

Men schat dat hier meer dan 6500 bouwwerken overwoekerd zijn door de vegetatie. Uitgebreide opgravingen zijn inmiddels op gang gekomen. Er zijn aanwijzingen dat de stad, die dateert van 600-900, ook na de Spaanse verovering in gebruik is gebleven. Hierna bezoeken we Tulum, waar een ommuurde stad van de Maya's aan de Caribische Zee ligt. De stijl verraadt ook hier de invloed van de Tolteken. Langs de kustweg bereiken we Cancún, met het witste strand van Mexico.

Woensdag 16 november

Naar Mexico City. De morgen is gereserveerd voor ontspanning. 's Middags vliegen we terug naar Mexico City.

Donderdag 17 november

Mexico City. De gehele dag is vrijgehouden voor museumbezoek op eigen gelegenheid. Aan te raden zijn de musea in het Chapultepec-park: het Museum voor Moderne Kunst, het Tamayo Museum, het *Castillo* of een tweede bezoek aan het Antropologisch Museum. Dit is de enige dag waarop de lunch niet in de reissom is begrepen. 's Avonds is er een afscheidsdiner.

Vrijdag 18 november

Mexico City-Amsterdam. In de loop van de ochtend vertrek met de KLM-lijndienst. Aankomst in Amsterdam op zaterdag 19 november, aan het einde van de middag.

De kosten

Reissom p. persoon *f* 5.465,-; toeslag éénpersoonskamer: *f* 985,-. In de reissom zijn begrepen: heen- en terugvlucht Amsterdam-Mexico City en alle binnenlandse vluchten in Mexico; luchthavenrechten; accommodatie in alle hotels; alle maaltijden (m.u.v. de lunch op 17 november); bagageafhandeling op de luchthavens en in de hotels; alle transfers (per luxe touringcar); begeleiding door gidsen en door de speciale reisbegeleider; alle toegangsbewijzen voor musea, monumenten e.d. in het programma vermeld. *Niet* inbegrepen: verzekeringen (reis- en ongevallen); vaccinaties; uitgaven van persoonlijke aard, drankjes, fooien e.d.

Aanmelding

Geïnteresseerden voor deze reis kunnen zich rechtstreeks opgeven bij NATUUR & TECHNIEK met behulp van de inschrijfkaart in dit nummer. Gezien het beperkte aantal deelnemers wordt inschrijving (in volgorde van binnenkomst) pas definitief door overmaking van *f* 250,- op girorekening 1062000 t.n.v. Natuur & Techniek te Maastricht, o.v.v. van 'Mexico-reis'. Bij onverhoopte annulering vóór 15 september 1988 wordt het inschrijfgeld terugbetaald. De inschrijftermijn sluit zodra het maximale aantal deelnemers is bereikt, uiterlijk op 15 maart 1988.

Accommodatie

Huisvesting in de grote steden in hotels van de beste of één na de beste klasse, in de kleinere steden in de beste hotels ter plaatse. De kamers zijn waar mogelijk voorzien van alle faciliteiten.

Formaliteiten

Wereldpaspoort dat tenminste 6 maanden na terugkeer in Nederland geldig is; vaccinaties: cholera, tyfus, geelzucht, tetanus.

Kennismakingsbijeenkomst

Enige tijd vóór de reis is er een kennismakingsbijeenkomst. U kunt dan uw medereizigers ontmoeten en degene die uw reis begeleidt. Medewerkers van het reisbureau zijn aanwezig om uw vragen te beantwoorden; uw reisbegeleider zal een korte inleiding houden over Mexico. Deelnemers ontvangen tijdig een uitnodiging voor deze bijeenkomst.

Natuur & Techniek
Stichting Avicula

Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

LUCHT

Hoewel de situatie ten opzichte van de jaren vijftig sterk verbeterd is, is luchtverontreiniging een ernstig probleem. Verzuring en ozon bedreigen de bossen; uitlaatgassen zijn schadelijk voor de mensen die ze inademen en veroorzaken wellicht het broeikaseffect in de atmosfeer. De overheid voert helaas geen consequent beleid. Er wordt veel aan voorlichting over verzuring gedaan, maar het openbaar vervoer wordt bijvoorbeeld onvoldoende gestimuleerd. Betrekkelijk nieuw is de aandacht voor de luchtkwaliteit binnenshuis. In goed geïsoleerde huizen en gebouwen wordt de lucht te weinig ververst en blijft bijvoorbeeld rook lang hangen. Veel onderzoek is nodig om deze processen goed te begrijpen, onderzoek dat noodzakelijk is om de lucht leefbaar te houden.

Inhoud en auteurs

De betekenis van lucht voor het leven
L.J. Brasser

De betekenis van lucht voor de vegetatie
A.C. Posthumus

Luchtverontreiniging en volksgezondheid

Verontreiniging van de binnenlucht
J.S.M. Boleij, D. Houthuijs en P. Fischer

Aandacht voor schone lucht; ontwikkelingen in het overheidsbeleid
S. Zwerver en P.J. Mak

Mycorrhiza en bossterfte
A.J. Termorshuizen

Smog
K. Biersteker

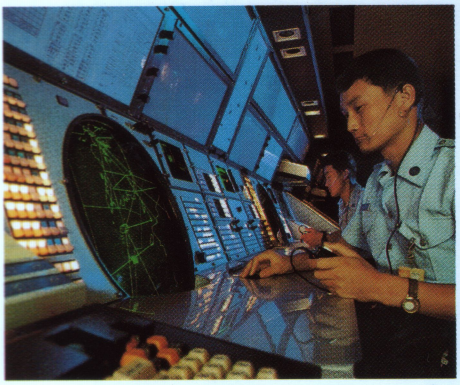
Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 2 van de 12e jaargang.
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) *f* 25,00 of 485 F. Losse nummers *f* 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.

VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

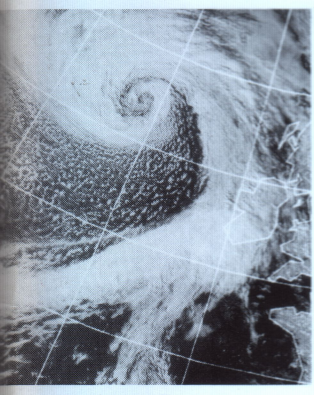
Weersatellieten

Een wolkenpatroon dat je van boven bekijkt, verraadt wat zich er onder afspeelt. Dat is de gedachte achter het werk met satellietfoto's bij het maken van een weersvoorspelling. Drs C. Floor behandelt een aantal in onze streken veel voorkomende weertypen aan de hand van de bijbehorende satellietfoto's.



Verkeersleiding

De vlucht van een verkeersvliegtuig wordt vanaf de grond intensief begeleid. H.C. Vorhauer geeft aan de hand van 'n denkbeeldige vlucht een overzicht van de verschillende onderdelen van de luchtverkeersleiding, de moderne technieken die benut worden en hoe men omgaat met slecht weer.



AIDS

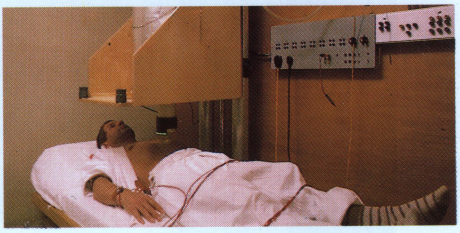
De strijd tegen AIDS wordt op vele manieren gestreden. De vorderingen zijn groot, maar nog niet groot genoeg. Dr ir J. Balzarini beschrijft de vooruitgang bij het onderzoek naar een geneesmiddel. Eén middel wordt al toegepast, AZT. De werking daarvan berust op het foppen van het virus.

Lenscoating

Als we de lens van een camera bekijken, of een brilleglas, dan zien we vaak een blauwachtige glans. Deze wordt veroorzaakt door een uiterst dun laagje, de coating, dat op de lens zit. Dr H. Coenen legt uit waarvoor dat laagje dient en hoe het de optische eigenschappen van lenzen en filters beïnvloedt.

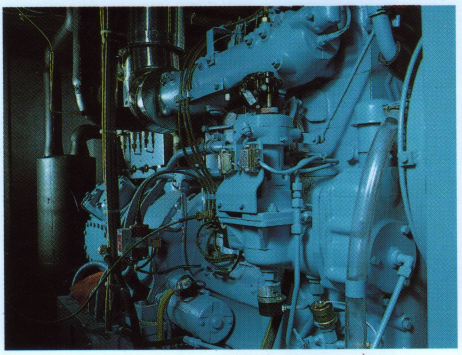
Biomagnetisme

Menige lezer zal zich nu afvragen of de redactie Natuur & Techniek in het occulte aan het storten is. Niets is echter minder waar: biomagnetisme is een moderne onderzoektechniek waarbij magneetvelden in het lichaam afwijkingen in bijvoorbeeld de hersenen verraden. Dr ir J. Hohnsbein weet er alles van.



Gas

De aardgasvoorraad is nog goed voor enkele tientallen jaren. Dat lijkt langer dan het is. In dit artikel twee manieren om op de toekomst vooruit te lopen: gaswinning uit huisvuil en efficiënter gebruik, bijvoorbeeld door gebruik van warmtepompen. De auteurs zijn ir M.F.G. van der Jagt en dr ir G. Heijkoop.



Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

VERKEERSVEILIGHEID

Aan het onderzoek naar de verkeersveiligheid dragen veel wetenschapsgebieden bij. Vooral de gedragswetenschappen leveren veel nieuwe inzichten, maar ook de biowetenschappen dragen hun steentje bij als het gaat om de invloed van alcohol, geneesmiddelen en vermoeidheid op het rijgedrag. Van alcohol is algemeen bekend dat het funest kan zijn, al trekken veel automobilisten zich daar niets van aan. De invloed van geneesmiddelen is veel minder bekend. Veel ongelukken ontstaan door menselijke fouten, ook omdat mensen nu eenmaal geneigd zijn risico's te nemen. Als het toch goed gaat is dat weer een stimulans om de risico's opnieuw te nemen. Gedrag is geïndividualiseerd, wat hoge eisen stelt aan het verantwoordelijkheidsbesef van ieder afzonderlijk, juist ook als het om deelname aan het verkeer gaat.

Zojuist verschenen

Inhoud en auteurs

Gedrag, de oorzaak van verkeersonveiligheid
W.A. Wagenaar

Uitkijken in het verkeer
J.B.J. Riemersma en J. Godthelp

Alcohol en verkeer
P.C. Noordzij

De invloed van geneesmiddelen
J.F. O'Hanlon en J.J. de Gier

Het verkeer als werkterrein
K.A. Brookhuis

Verkeersveiligheid en beleid
M.J. Koornstra

U wordt verdacht van rijden onder invloed
M.E.F. Prins

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 3 van de 12e jaargang.
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) *f* 25,00 of 485 F. Losse nummers *f* 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.